Das populäre Magazin für Astronomie und Raumfahrt

Spektrum DER WISSENSCHAFT

ASTRONOMIE HEUTE

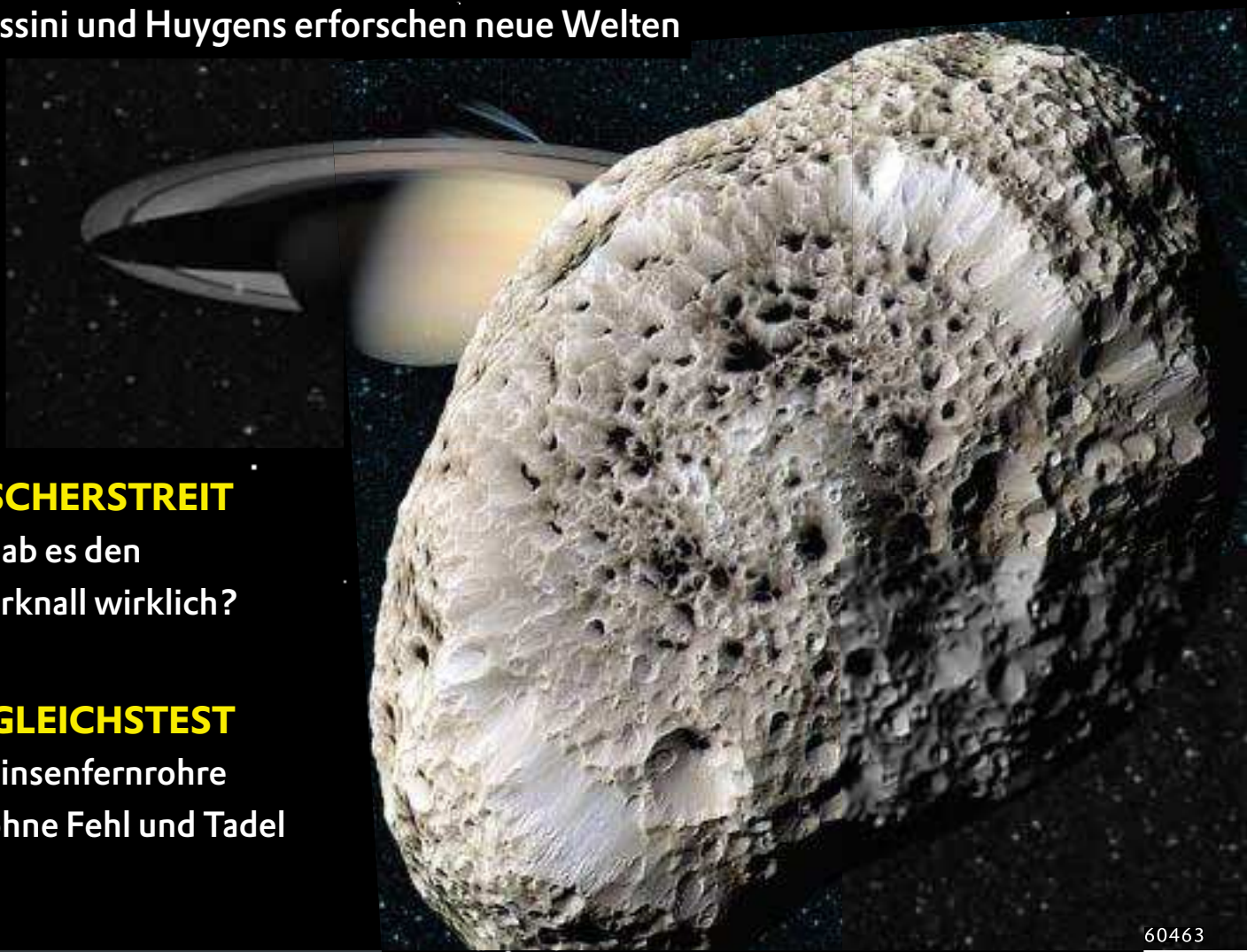
SKY & TELESCOPE DEUTSCHE AUSGABE

WWW.ASTRONOMIE-HEUTE.DE

März
3 / 2006
€ 6,50 / sFr 12,50

DAS GEHEIMNIS VON SATURNS MONDEN

Cassini und Huygens erforschen neue Welten



FORSCHERSTREIT

Gab es den Urknall wirklich?

VERGLEICHSTEST

Linsenfernrohre ohne Fehl und Tadel

60463

CALAR ALTO

Besuch bei der deutsch-spanischen Sternwarte

SONNE IM VISIER

Tipps zu ihrer gefahrlosen Beobachtung

03

4 196046 306506

INHALT

WISSEN

Astro News 8
Orionnebel, Methanbakterien auf dem Mars? So groß ist Charon u. a.

Beagle 2 12
Seine Wrackteile auf dem Roten Planeten?

Start des Falken 14
Falcon 1 soll eine Revolution des Raketenbaus einläuten

▶ **Sonniges Vergnügen** 16
Kein Stern lässt sich so gut beobachten wie unser Zentralgestirn

▶ **Alternative Kosmologie** 20
Einige Forscher zweifeln am Urknall

▶ **Saturns Monde** 26
2005 war für die Raumsonde Cassini das Jahr der Monde

Kristalle aus Staub 34
Das erste Experiment auf der ISS widmete sich der Plasmaforschung

BEOBACHTUNG

Schauplatz Mond 40
Über die Ähnlichkeit von Schildvulkanen auf Erde und Mond

Highlight 42
Wann und von wo aus Sie die totale Sonnenfinsternis beobachten können

Feldstechertipp 45
Noch ist Mars leicht zu sehen – unweit der Plejaden im Stier

Sterntafel 46
Der mitternächtliche Himmel in der Übersicht

Planetarium 48
Zwei Sternbrüder und zwei Finsternisse im Monat März

SZENE

Leserreisen 50
Fliegen Sie mit AH in die astronomisch interessantesten Regionen der Erde!

▶ **Unterwegs** 52
Ein Besuch beim Deutsch-Spanischen Astronomischen Zentrum

Porträt 56
Für manche Hobbyastronomen ist Entdecken das Wichtigste

Die auf der Titelseite angekündigten Themen sind mit ▲ gekennzeichnet

16

Am helllichten Tag

Mit Feldstechern oder Fernrohren und den richtigen Filtern sehen Sie atemberaubende Details der Sonne

TITEL 26

NASA, JPL / SSI

Saturns Monde Die Fotos der geheimnisvollen Trabanten des Ringplaneten geben jede Menge Rätsel auf

Urknall oder nicht?

Edwin Hubble entdeckte, dass sich alle Galaxien voneinander entfernen. Entstanden Materie, Raum und Zeit also in einem einzigen Punkt und Moment, dem Urknall? Einige Forscher zweifeln

20

NASA / ESA / STSCI, STEVEN BECKWITH

NASA

34

Staub im Orbit

An Bord der Internationalen Raumstation experimentieren Forscher mit verunreinigten Plasmen. Der Grund: Solche Gemische sind im Kosmos allgegenwärtig

STEFAN SEIP

STEFAN SEIP

52 Zu Gast bei den Profis

Eine Beobachtungsnacht am deutsch-spanischen Observatorium auf dem Calar Alto

Die Sky-Watcher Semi-Apos

Sie wollen sich ein gutes Linsenfernrohr zu vertretbaren Kosten anschaffen? Halb-Apochromaten bieten ein unübertroffenes Preis-Leistungs-Verhältnis

STEFAN SEIP

AH, EMDE-GRAFIK

74 AH-Junior

Warum gibt es die Mondphasen? Und wie entsteht eine Sonnen- oder Mondfinsternis? Sonja und Lunic wissen es!

SZENE

Sternwarten 59
Der Telegrafenberg bei Berlin

Kippenhahns Sternstunde 62
Astronomen fingen 1977 ein rätselhaftes Signal auf. Woher kam es?

TIPPS

Glanzlichter 64
Faszinierende Farben am Himmel

Hochglanz 68
Die Kunst, in H-Alpha zu fotografieren

▶ **Testreport** 70
Semi-Apochromaten mischen den Teleskopmarkt auf

Lunic und Sonja 74
Der Mond und die Finsternisse

Neuheiten 78

Screenshot: Orbitron 80

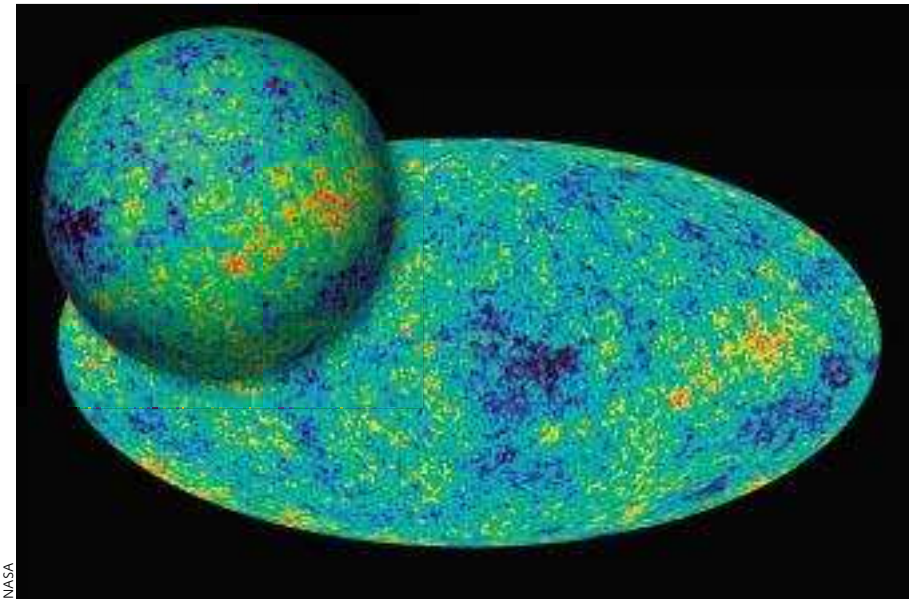
Bücher 84

TV & Events 86

3 Editorial • 6 Leserbriefe / Leser fragen – Experten antworten • 88 Kleinanzeigen / Preisrätsel • 90 Vorschau / Impressum

Titelbild: Der schwammartig geformte Saturnmond Hyperion vor dem Ringplaneten (Fotomontage)

Hyperion und Saturn: Nasa, JPL / SSI; kleines Foto unten links: Stefan Seip; unten rechts: Night Sky, C. M. Utter



NASA

Gleiche Daten – andere Darstellung Die Messergebnisse von WMAP, ausschnittsweise als Kugel und komplett als Oval aufgetragen

Ovales Universum?

Vor einigen Monaten sah ich ein Bild des Universums 380 000 Jahre nach dem Urknall. Es hatte eine ovale Form. Kann man ungefähr abschätzen, wo sich unsere Galaxis befindet?

Reinhard Haase, per E-Mail

Antwort der Redaktion:
Vermutlich haben Sie eine Darstellung der kosmischen Hintergrundstrahlung gesehen (Bild oben). Diese aus allen Richtungen kommende Strahlung wird von Teleskopen aufgefangen, wobei das Messergebnis einer Kugelprojektion entspricht. Würde man die beobachtete Strahlung auf die Innenseite (oder Außenseite wie oben) einer Kugel abbilden, wie die Sphäre der Fixsterne, befände sich die Erde in deren Mittelpunkt.

Wenn man diese dreidimensionale Projektion ähnlich wie bei Weltkarten auf nur zwei Dimensionen abbildet, ergibt sich die von Ihnen beschriebene ovale Form. Unsere Erde liegt daher nicht im Bild, sondern außerhalb der Darstellung.

Briefe an die Redaktion …

… sind willkommen!

Schreiben Sie an:
ASTRONOMIE HEUTE
Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg
Fax: 06221 9126-769
E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.

Äquivalenzprinzip

»Einstein auf dem Prüfstand«
AH 12/2005, S. 20

Meines Wissens besagt das Äquivalenzprinzip, dass sich Beschleunigungs- und Trägheitsfelder durch physikalische Vorgänge nicht unterscheiden lassen. Was hat das mit der Zusammensetzung von Objekten im freien Fall zu tun? Der Gravitation ist es doch egal, ob ein Elementarteilchen auf dem Mond oder auf der Erde ist.

Klaus Teutenberg, per E-Mail

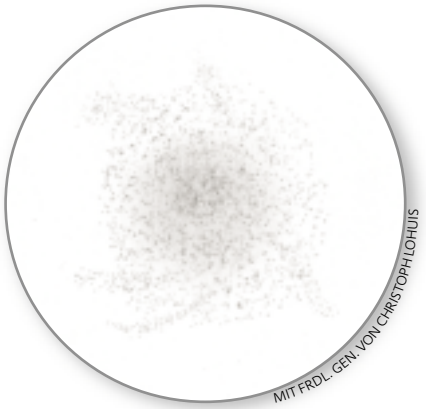
Antwort der Redaktion:
Das Äquivalenzprinzip besagt, dass die träge und die schwere Masse eines Körpers gleichwertig sind. Daraus folgt, dass alle Körper im Schwerefeld gleich schnell fallen, egal wie schwer sie sind oder aus welchem Material sie bestehen. Dies ist durch Messungen mittlerweile recht gut bestätigt. Allerdings halten es viele Physiker für möglich, dass man Verletzungen dieses Prinzips entdecken könnte, wenn man noch genauer hinschaut. Es könnte sein, dass sich das Verhältnis von schwerer zu träger Masse bei verschiedenen Elementarteilchen minimal unterscheidet. Genau dieser Frage soll die Satellitenmission »Microscope« nachgehen.

Dieser Satellit wird zwei Pobekörper aus verschiedenen Materialien an Bord haben (AH 9/2005, S. 54), die sich hinsichtlich ihres Proton-Neutron-Verhältnisses unterscheiden. Falls sich die beiden Teilchenarten im Schwerefeld geringfügig unterschiedlich verhalten, sollten die Versuchskörper unterschiedlich schnell fallen. Tritt eine Verschiebung der beiden Körper gegeneinander auf, wird das Äquivalenzprinzip verletzt.

Analog kann man sich das Verhalten von Erde und Mond im Schwerefeld vorstellen. Da ihre Zusammensetzung nicht völlig gleich ist, sollte auch ihr Proton-Neutron-Verhältnis geringfügig anders sein. Wäre das Äquivalenzprinzip verletzt, müsste, wie es im Text heißt, »der Erde-Mond-Abstand bei Voll- und Neumond leicht von den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie abweichen«.

Messierobjekte zeichnen

»Mit dem Bleistift am Okular«
AH 1-2/2006, S. 56



MIT FRDL. GEN. VON CHRISTOPH LOHUIS

Mit dem Artikel hatten wir zum Zeichnen der Messierobjekte aufgerufen. Durch den Untertitel »Die besten werden veröffentlicht!« wurde jedoch möglicherweise der Eindruck erweckt, es handle sich um einen Zeichenwettbewerb. Dies ist aber nicht der Fall.

Unsere Intention ist es, ein umfangreiches Archiv von Zeichnungen aufzubauen, diese dann anhand genau definierter Bedingungen auszuwerten und das Ergebnis zum Beispiel in Form eines Buchs dem geneigten Leser an die Hand zu geben. Die akribisch genaue Wiedergabe des im Okular Gesehenen ist daher für dieses Projekt von Bedeutung. Wer hier seinen Beitrag leisten will, sei nochmals zum Mitmachen aufgerufen!

Frank Hauswald und Christoph Lohuis

»Leser fragen – Experten antworten«

Bei der Aufnahme eines kontinuierlichen Sonnenspektrums auf einem weißen Blatt Papier mit einer Digitalkamera wird die das Spektrum umgebende weiße Fläche schwarz abgebildet. Wie ist das möglich? Dr. Dr. med. Detlef Groth, Warstein

Auf die schwarz abgebildeten Teile außerhalb des Sonnenspektrums trifft kein sichtbares Licht von der Teleskopoptik auf. Sie liegen sozusagen im Schatten. Die Ursache für die dunkle Umgebung ist also im Bereich der Foto- und Digitaltechnik zu suchen. Es bleiben zwei mögliche Erklärungen: eine starke Unterbelichtung der Umgebung oder Darstellungsprobleme der Bildverarbeitungssoftware.

Die erste Variante ist vor allem dann plausibel, wenn das projizierte Spektrum sehr hell ist. In Relation zu einem weißen, aber im Schatten liegenden Papierblatt kann das abgebildete Spektrum – je nach verwendeter Aufnahmeoptik – um mehrere Zehnerpotenzen heller sein als das Papier. Jeder Film und jede Digitalkamera verfügt nur über eine begrenzte Dynamik. Diese sagt, welche Helligkeitsunterschiede von dem Material (Film oder Chip) noch bewältigt werden können, ohne dass die dunklen Bildteile in tiefes Schwarz versinken und/oder die hellen Bildteile in reinstes Weiß »ausfressen«.

Überschreitet das Motiv den maximalen Dynamikumfang der Kamera, entstehen in den unterbelichteten Bereichen homogen schwarze Flächen, in den hellen gleichmäßig weiße Flächen ohne jegliche Zeichnung. Wenn eine Digitalkamera die Belichtung auf das helle Spektrum abgestimmt hat, kann die Helligkeit des Umfelds in Relation dazu so niedrig sein, dass der dynamische Bereich überschritten wird und für das dunklere Umfeld tiefes Schwarz resultiert.

In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass bei bestimmten Dateiformaten in Kombination mit bestimmten Bildbearbeitungsprogrammen weiße Flächen, die gesättigt sind, schwarz dargestellt werden. Um diesen Fall auszuschließen, ist es sinnvoll, die Bilder auch in einem anderen Format abzuspeichern (an der Kamera umstellen: zum Beispiel von JPG auf TIF) und/oder die Bilder in ein anderes Bildverarbeitungsprogramm zu laden.

Manche Programmen bieten die Option, den Helligkeitswert eines Bildpunkts zu bestimmen. Man kann dann direkt überprüfen, ob die Helligkeit tatsächlich 0, 0, 0 (für Rot, Grün und Blau) ist und damit einem tiefen Schwarz entspricht oder ob es sich zumindest in Teilen nicht doch um ein dunkles Grau (mit Rot-, Grün- und Blauwerten von zum Beispiel 4, 4, 5) handelt. Im Fall eines dunklen Graus spricht alles für die zuerst beschriebene Möglichkeit.

>> Stefan Seip

Der Autor ist freier Wissenschaftsjournalist und Astrofotograf. In der Rubrik Hochglanz, S. 68, gibt er Tipps zu Aufnahmetechnik und Bildbearbeitung.

MIT FRDL. GEN. VON DETLEF GROTH

Auf weißem Papier fotografierte Sonnenspektren sollten von Weiß umgeben sein.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge vor.

MARS

Produzieren Bakterien Methan?

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

In solchen Kratern könnten Bakterien überdauert haben, die einst durch einen Meteoriteneinschlag an die Marsoberfläche gelangten.

Auf dem Roten Planeten gibt es große Mengen von Methan. Das funkte Mars Express im vergangenen Jahr zur Erde. Buford Price von der University of California weiß jetzt womöglich, woher es stammt.

Einen direkten Beweis dafür haben die Forscher allerdings nicht. Doch fanden sie im grönländischen Eis in mehr als drei Kilometer Tiefe Mikroorganismen, die trotz der Kälte und Dunkelheit Methan produzierten. Price und seine Mitarbeiter gehen davon aus, dass sie dort unter marsähnlichen Bedingungen mehr als 100000 Jahre überdauerten. Vermutlich können sie sich unter diesen Umständen nur mühsam am Leben halten.

Da Methan in der dünnen Marsatmosphäre rasch vom Sonnenlicht zerstört wird, lassen die Daten von Mars Express nur einen Schluss zu: Das Gas muss dort permanent neu gebildet werden – und zwar nach Ansicht der Forscher womöglich durch ganz ähnliche Bakterien wie in Grönland auch. Den Berechnungen der Forscher zufolge würden die Methan produzierenden Organismen in 150 Meter bis 8 Kilometer Tiefe unter der Marsoberfläche leben. Dort liegen die Temperaturen bei 10 Grad Celsius und damit deutlich höher als im grönländischen Eis. Die Bakterien wären auf dem Mars also deutlich aktiver. Das von ihnen produzierte Methan bräuchte zwischen 15000 und 30000 Jahre, um in die Atmosphäre des Roten Planeten zu gelangen.

In Zukunft würden Price und seine Mitarbeiter gerne mit einem neuen Marsgefährt gezielt nach dem Gas suchen. Mehrere hundert Meter tiefe Bohrungen wären dafür vermutlich nicht notwendig. Die Wissenschaftler hoffen vielmehr, bereits in den Meteoritenkratern fündig zu werden. Dort könne Material aus größerer Tiefe an die Marsoberfläche gelangt sein.

PLANETEN

So groß ist Charon

Als sich der Plutomond Charon am 11. Juli 2005 genau vor einen weit dahinterstehenden Stern schob, war dies ein seltenes und für irdische Astronomen glückliches Ereignis. Denn die »Sternfinsternis« bot ihnen die Gelegenheit, die Größe des drei Milliarden Kilometer entfernten Trabanten zu messen.

Sein Durchmesser beträgt demnach ziemlich genau 1010 Kilometer. Zum Vergleich: Der Erdmond hat einen Durchmesser von 3476 und Pluto einen von 2274 Kilometern.

Einem Team um Bruno Sicardy vom Observatoire de Paris zufolge besitzt Charon im Gegensatz zu Pluto wahrscheinlich keine Atmosphäre. Denn die Masse des Monds beträgt nur ungefähr ein Achtel von der des Pluto. Sie ist somit zu gering, um eine Lufthülle zu binden. Auf der minus 210 Grad Celsius kalten Oberfläche herrscht ein Druck von höchstens 0,11 millionstel Bar – das entspricht etwa einem Zehnmillionstel des irdischen Luftdrucks.

Die Dichte Charons – so die Berechnungen – liegt bei 1,7 Tonnen pro Kubikmeter. Sie lässt darauf schließen, dass der Plutomond je zur Hälfte aus Eis und Fels besteht.

Für die Beobachtung der Sternbedeckung nutzten die Wissenschaftler das Very Large Telescope der Europäischen Südsternwarte in der chilenischen Atacamawüste. Dabei erschien Charon etwa so groß wie eine Euromünze in hundert Kilometer Entfernung.

Pluto und Charon Bessere Aufnahmen gibt es von den beiden nicht. Während einer seltenen Sternfinsternis konnte jetzt immerhin Charon (unten) genau vermessen werden.

NASA / ESA / JHU, HAROLD WEAVER / SWRI, ALAN STERN / HST PLUTO COMPANION SEARCH TEAM

NASA / ESA / STSCI, MASSIMO ROBBERTO & HST ORION TREASURY PROJECT TEAM

Noch nie so scharf Der Orionnebel im Blick vom Hubble

HUBBLE SPACE TELESCOPE

Orionnebel en détail

Mit dem Hubble-Weltraumteleskop gelangen Forschern die bislang schärfsten Aufnahmen vom Orionnebel.

Darauf sind mehr als dreitausend, zum Teil zuvor unbekannte Sterne zu sehen. Manche leuchten nur ein Hundertstel so hell wie die schwächsten bislang gesehenen. Zum ersten Mal zeigten sich vermutlich auch Braune Zwerge – einige sogar in Doppelsystemen.

Der Orionnebel liegt nur rund 1500 Lichtjahre von der Erde entfernt und ist auch mit bloßem Auge im Schwert des Sternbilds Orion zu erkennen. Die ungefähr 25 Lichtjahre große Gas- und Staubwolke gehört zu den aktivsten Sternentstehungsgebieten in der Milchstraße. Auch die Sonne entstand einst in einer ähnlichen Wolke.

Das Mosaik entspricht ungefähr der scheinbaren Größe des Vollmonds und besteht aus den Bildern von gut hundert Erdumläufen des Weltraumteleskops. Zusammengesetzt wurde es von einem Team um Massimo Robberto vom Space Telescope Science Institute in Baltimore.

Bilderbuchlandung nach fast siebenjähriger Reise. Nach kurzer Suche mit dem Hubschrauber wird die Probenkapsel von Stardust geborgen und ins Labor geschafft (unten).

NASA, JPL

STARDUST

Ein paar Dutzend Körnchen

Für die 4,6 Milliarden Kilometer weite Reise von der Erde zum Kometen Wild 2 und zurück war Stardust fast sieben Jahre lang unterwegs. Doch als die Raumsonde am 15. Januar gegen 11.00 Uhr MEZ mit der Rekordgeschwindigkeit von 46444 Kilometer pro Stunde in die Erdatmosphäre tauchte und wenig später am Fallschirm den Wüstenboden von Utah erreichte, war das noch lange nicht das Ende der gut 140 Millionen Euro teuren Mission.

Nach der Bilderbuchlandung kommen nun Jahre der Auswertung. Denn der bratpfannengroße Staubfänger an Bord der 43 Kilogramm schweren Kapsel dürfte zwar unzählige, nur 10 bis 300 Mikrometer kleine Staubpartikel enthalten. Doch darunter sind nach Schätzungen der Wissenschaftler lediglich rund 45 Körnchen, die wirklich interessant sind. Sie sind älter als die Sonne und sollen helfen, die Ursprünge unseres Sterns und seiner Planeten zu verstehen.

Um diese »Nadeln im Heuhaufen« zu finden, wäre ein Forscher 30000 Stunden beschäftigt. Die Arbeit gleiche, so Andrew Westphal von der University of California in Berkeley, der Suche nach 45 Ameisen auf einem Fußballfeld. Deshalb sollen jetzt die Bilder 1,5 Millionen mikroskopischer Ausschnitte im Internet veröffentlicht werden. Auf der Webseite http://stardustathome.ssl.berkeley.edu/ kann dann ein Heer von Freiwilligen bei der Jagd nach dem Sternenstaub helfen.

ESA / AIRUB, RALPH TUELLMANN

GALAXIEN

Heiße Schleier

Die meisten Spiralgalaxien sind von einem Halo aus ionisierten Gasen umgeben. Das wiesen Forscher mit Hilfe des Esa-Satelliten XMM-Newton nach. Bisher ließ sich der heiße Schleier nur um Galaxien mit sehr hoher Sternbildungsrate beobachten. Ralph Tüllmann und seine Mitarbeiter von der Universität Bochum haben solche Halos nun jedoch auch um wenig aktive Sternsysteme entdeckt.

NGC 4631 durch die Objektive von XMM-Newton: Die ionisierten Gase erscheinen als roter Schleier.

Die bislang bekannten Halos sind Folge kurzer, explosiver Sternbildung im Zentrum von Galaxien. Sie sind mit der Wolke eines Vulkans vergleichbar. In den Galaxien ohne heftige Aktivität ist der heiße Schleier nach Ansicht Tüllmanns das Ergebnis schwacher, aber viele Millionen Jahre anhaltender und gleichmäßig über die ganze Spirale verteilter Sternbildung.

Die Masse der Gase in den Halos beträgt rund zehn Millionen Sonnenmassen. Daraus können die Wissenschaftler nun erstmals berechnen, wie viele Sterne als Supernovae explodieren müssen, um die heißen Galaxienschleier hervorzubringen.

KUIPER-GÜRTEL

Neuer Himmelskörper

Weit jenseits der Bahn des Neptuns, im Kuiper-Gürtel, haben Astronomen mit dem Canada-France-Hawaii Telescope ein neues Objekt entdeckt.

Der vergleichsweise kleine Brocken 2004 XR 190 ist mit einem Durchmesser von gut tausend Kilometern nur etwa halb so groß wie Pluto. »Buffy«, wie ihn die Forscher vorerst nannten, läuft auf einer beinahe kreisförmigen Bahn um die Sonne – und zwar in einer Entfernung von 58 Astronomischen Einheiten (AE). Er ist damit doppelt so weit vom Zentralgestirn entfernt wie Neptun.

Fast alle bisher entdeckten Objekte des Kuiper-Gürtels finden sich in Entfernungen zwischen 30 und 50 AE. Die Theorie besagt, dass sie durch das Schwerefeld des Neptuns dorthin gelangten.

Buffy ist jedoch entlang seiner gesamten Umlaufbahn stets weiter als 50 AE entfernt. Zudem folgt er einer mit fast fünfzig Grad gegenüber dem Äquator der Sonnenrotation extrem geneigten Bahn. Seine Natur lässt sich daher mit den herkömmlichen Modellen der Planetenentstehung nur schwerlich erklären. So müsste die Umlaufbahn des Neptuns in der Zeit nach der Entstehung des Sonnensystems deutlich anders gewesen sein als heute.

ASTROBIOLOGIE

Chemische Bausteine könnten zu DNA werden

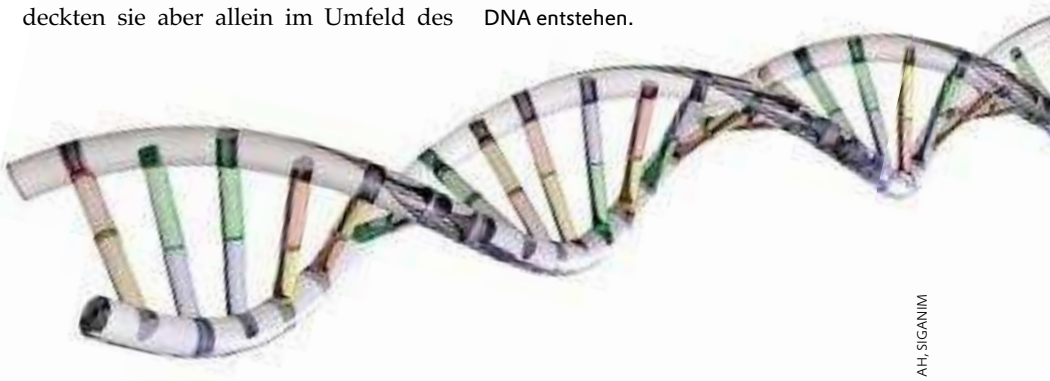
Noch ist der Stern nur von einer Scheibe aus Staub und Gas umgeben. Irgendwann werden darin einmal Planeten entstehen, auf denen sich sogar Leben entwickeln könnte. Die dafür notwendigen chemischen Bausteine gibt es dort jedenfalls schon: Acetylen und Blausäure.

In einem Reagenzglas entstehen aus diesen Substanzen – zusammen mit Wasser – zahlreiche organische Verbindungen, darunter auch Aminosäuren, die Grundbausteine des Lebens.

Eine Arbeitsgruppe um Klaus Pontoppidan von der Universiteit Leiden hatte mit Hilfe des Spitzer Space Telescope die chemische Zusammensetzung von rund hundert Akkretionsscheiben junger Sterne erkundet. Derart hohe Konzentrationen organischer Stoffe entdeckten sie aber allein im Umfeld des 375 Lichtjahre entfernten und nur einige hunderttausend Jahre alten Sterns IRS 46. Sie fanden sich in Bereichen mit Temperaturen von ungefähr hundert Grad Celsius, woraus die Forscher schließen, dass sie etwa in der gleichen Entfernung um den Stern kreisen wie die Erde um die Sonne.

Bisher wurden solche Verbindungen in den Atmosphären der großen Planeten unseres Sonnensystems entdeckt sowie auf dem Saturnmond Titan und im Kern von Kometen.

Im Reagenzglas können aus Acetylen, Blausäure, Kohlendioxid und Wasser unter anderem auch Bestandteile von Aminosäuren und der DNA entstehen.



AH, SIGANIM

Astroshop.biz

Der Astronomie-Fachversand:
- **kleine Preise**
- **freundliche Beratung**
- **schnelle Lieferung**

GUTSCHEIN-AKTION!
Wir wollen, dass Sie uns kennenlernen: Fordern Sie Ihren persönlichen Gutschein in Höhe von 10,- EUR an – ganz einfach per Telefon, Fax oder E-Mail!

Besuchen Sie unseren Online-Shop unter **www.Astroshop.biz** !

E-Mail: Mail@Astroshop.biz
Tel.: 08191-915973
Fax: 08191-915974
Siemensstr. 12, 86899 Landsberg

WIR HABEN DAS KOMPLETTE SKY WATCHER PROGRAMM AUF LAGER:

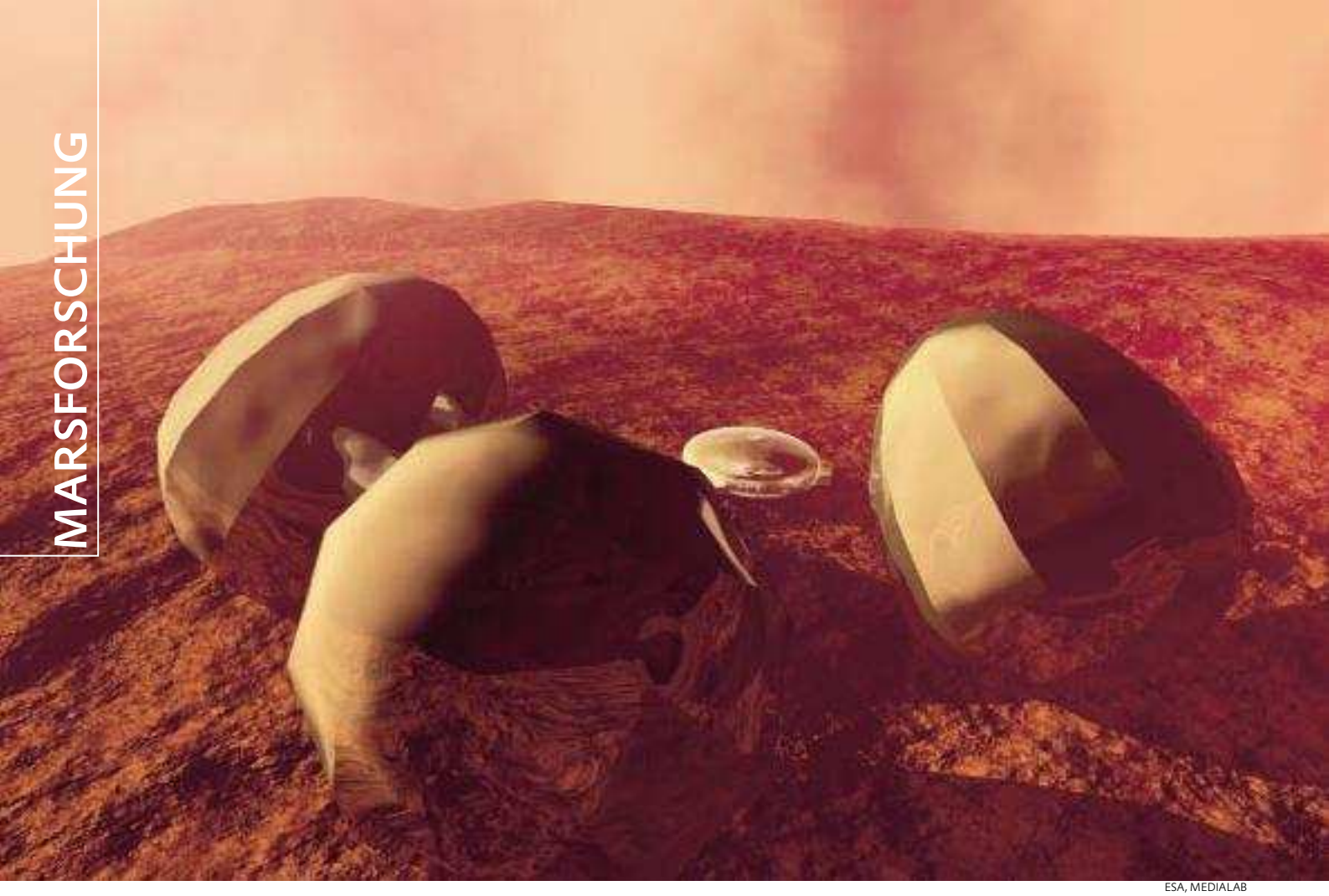
Reflektoren	
114/500 EQ1	99,- EUR
130/900 EQ2	165,- EUR
150/1200 EQ3	295,- EUR
200/1000 EQ5	545,- EUR
254/1200 EQ6	1.245,- EUR
Refraktoren	
60/700 AZ2	69,- EUR
102/1000 EQ3	385,- EUR
120/1000 EQ5	565,- EUR
150/1200 EQ6	1.295,- EUR
Dobsons	
200/1200 DOB	279,- EUR
250/1200 DOB	538,- EUR
PYREX-Glas!	

GROSSES SORTIMENT:
Bei uns erhalten Sie alles, was Sie zur Astro-Beobachtung brauchen: Okulare, Filter, Adapter für die Astro-Fotografie, Motoren zur Nachführung, Literatur u.v.m.

NEUHEIT:
Bresser Messier Teleskope Top-Qualität zu Top-Preisen
Bresser ist bekannt als deutsche Marke für gute Qualität zu erstaunlich günstigen Preisen. Mit den neuen Messier-Teleskopen hat Bresser jetzt wieder einen Volltreffer gelandet. Die Nachfrage nach diesen Teleskopen ist zur Einführung so hoch, dass es oft zu Engpässen kommt – wir haben die Geräte aber weitgehend ab Lager für Sie lieferbar!

Reflektoren	
Messier N-130	225,- EUR
Messier N-150	395,- EUR
Messier N-203	495,- EUR
Refraktoren	
Messier R-90	245,- EUR
Messier R-102	475,- EUR
Messier R-127	645,- EUR

Messier N-130



ESA, MEDIALAB

Ein Haufen Schrott – oder nicht?

Britische Wissenschaftler meinen, das Wrack von Beagle 2 auf dem Mars entdeckt zu haben. Das Beweisfoto lässt allerdings zu wünschen übrig.

>> Frank Schubert

Es war die große Enttäuschung der Mars-Express-Mission. Als sich die europäische Sonde im Dezember 2003 dem Roten Planeten näherte, trug sie die Landeeinheit Beagle 2 mit sich. Diese sollte, gebremst von Fallschirmen und Airbags, auf dem Mars aufsetzen, dort Bodenproben nehmen und vor Ort untersuchen (AH 4/2003, S. 16). Die Forscher erhofften sich davon eine Antwort auf die Frage, ob es auf dem Mars Leben gibt oder gab.

Am 19. Dezember 2003 trennte sich Beagle 2 wie vorgesehen von seinem Mutterschiff und begab sich auf Sinkflug zum Roten Planeten. Eine Kamera machte Fotos von dem Manöver, die zeigen, dass die Landeeinheit in der korrekten Richtung davonflog. Es war das Letzte, was man je von ihr sah oder hörte. Nach der vermuteten Landung in der Nacht vom 24. auf den 25. Dezember sollte sich Beagle 2 auf der Marsoberfläche entfalten und per Funk melden. Doch nichts geschah. Raumsonden und irdische Radioteleskope lauschten wochenlang auf Lebenszeichen des Landers – umsonst: Er blieb stumm. Am 11. Februar 2004 erklärte ihn die europäische Weltraumorganisation Esa für verloren.

Ungelöstes Rätsel

Was passierte damals? Verglühte Beagle 2 in der Marsatmosphäre? Entfaltete sich der Fallschirm nicht, zerschellte die Landeeinheit ungebremst auf dem Boden? Versagten die Airbags, die den Aufprall dämpfen sollten? Der Möglichkeiten sind viele, doch was sich wirklich ereignete, wird sich wohl nie klären lassen. Denn während des Sinkflugs wurden keine Telemetriedaten aufgezeichnet – im Nachhinein betrachtet ein großer Fehler. Beagle 2 war während des Landeanflugs völlig auf sich gestellt und es gab keine Möglichkeit, ihn von außen zu kontrollieren.

Nun sorgte Colin Pillinger, der Leiter des Beagle-Projekts, für Aufregung. Er behauptet, den Lander auf der Marsoberfläche entdeckt zu haben – auf Fotos der Nasa-Sonde Mars Global Surveyor (MGS). Die Bilder zeigen einen älteren Krater im angepeilten Landegebiet in der Ebene Isidis Planitia. Wie Pillinger im Ge-

So sollte es laufen In der künstlerischen Darstellung (links) hat Beagle 2 eine saubere Landung auf dem Mars hingelegt. Die schützenden Airbags haben sich automatisch abgekoppelt.

spräch mit AH betonte, enthält der Krater einige ungewöhnliche Strukturen, die darauf schließen ließen, dass Beagle 2 in seinem Innern aufgesetzt hat.

Die sehr unscharfen Fotos – die abgebildeten Strukturen sind wenige Meter groß und liegen an der Auflösungsgrenze der Kamera – lassen am nordwestlichen Kraterrand eine nahezu kreisrunde, dunkle Fläche erkennen. Pillinger und seine Kollegen deuten sie als Zeichen eines kürzlichen Aufpralls, der das helle Oberflächenmaterial wegschleuderte und die darunterliegenden dunklen Schichten freilegte. Kleinere Flecken im Umkreis der Fläche könnten das ausgeworfene Material repräsentieren. Folgt man dem Kraterrand im Uhrzeigersinn, findet man weitere Flecken – laut Pillinger zusätzliche Aufschlagsspuren. Im Zentrum des Kraters sind schließlich, kaum erkennbar, einige helle Punkte zu sehen – die Überreste der Landeeinheit, wie Pillinger glaubt.

Wie eine Billardkugel

Seiner Vermutung nach spielte sich Folgendes ab: Beagle 2 schlug, eingepackt in seine Airbags, auf der nordwestlichen Kraterwand auf, wobei diese vermutlich kaputtgingen. Schräg abprallend, schoss der Lander hinüber zum nordöstlichen Rand des Kraters, kollidierte mit ihm und wurde nach Süden katapultiert. Am östlichen Hang des Kraters prallte er abermals ab und flog westwärts; zu diesem Zeitpunkt waren die Airbags wahrscheinlich komplett zerstört. Es folgten zwei weitere Kollisionen mit der westlichen Kraterwand, dann kullerte die Landeeinheit in die Mitte des Kraters und blieb liegen.

Laut Pillinger und seinem Team handelt es sich bei den hellen Punkten im Kraterzentrum um die Airbags, den Lander sowie seinen Hitzeschild. Dieser Schluss dränge sich auf, weil die Punkte symmetrisch angeordnet sind – so, wie man es vom Lander und den ihn umgebenden Luftsäcken erwarten würde. Einen verschwommenen Fleck am nordöstlichen Kraterrand interpretieren die Forscher als kollabierten Hauptfallschirm. Um ihre Vermutungen zu stützen, führen sie eine Reihe von Indizien an:

- Der fragliche Krater liegt im angepeilten Landegebiet von Beagle 2,
- die dunklen Strukturen im Krater deuteten auf einen kürzlichen Einschlag, da benachbarte Krater mit Staub gefüllt sind und heller erscheinen,
- die Größe der Einschlagsstrukturen stimmt mit den Ausmaßen des Landers überein,
- die Flecken im Kraterzentrum sind symmetrisch angeordnet, was nirgendwo sonst im fraglichen Gebiet beobachtet worden ist,
- die Objekte im Krater werfen Schatten, die der Sonneneinstrahlung entsprechen,
- bei den Strukturen handelt es sich wahrscheinlich nicht um Steine, da diese in der entsprechenden Gegend nur selten zu finden sind.

Viele Experten sind freilich der Ansicht, dass man die Fotos auch anders deuten kann als von Pillinger vorgeschlagen. Und in der Tat muss man einige Vorstellungskraft mitbringen, um seinen Interpretationen zu folgen. Die Auflösung der Fotos reicht bei Weitem nicht aus, um aussagekräftige Details erkennen zu lassen. Im Prinzip kann es sich bei den verschwommenen Strukturen auch um Lichtreflexe handeln – wie bei der angeblichen Entdeckung des Polar Landers (AH 7-8/2005, S. 20), die sich im Nachhinein als sonnenbeschienener Hang entpuppte. Halbwegs aufschlussreiche Fotos wird wohl erst der Mars Reconnaissance Orbiter liefern, der im März am Roten Planeten eintrifft und über eine extrem hochauflösende Kamera verfügt.

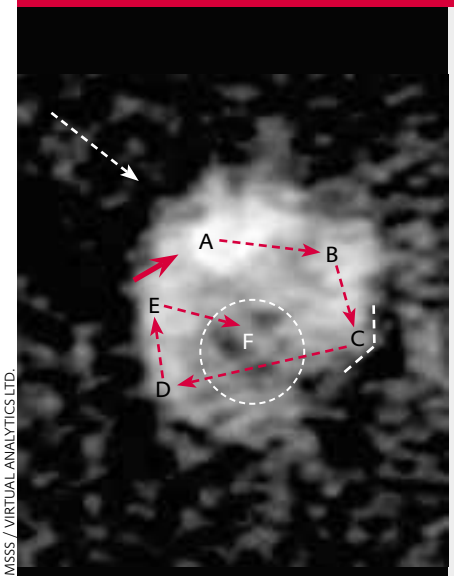
Alle Teile auf einem Haufen

Pillinger geriet nach dem offiziellen Verlust von Beagle 2 im Jahr 2004 heftig in die Kritik. Eine Untersuchungskomission unter Beteiligung der Esa war zu dem Schluss gekommen, dass das Projekt von Anfang an unterfinanziert war. Pillingers Team, hieß es, sei mit der Betreuung des Projekts überfordert gewesen. Das Landesystem von Beagle 2 hätte Mängel aufgewiesen und sei im Vorfeld nur unzureichend getestet worden.

Sollten sich Pillingers Vermutungen als richtig erweisen, würde ihn das kaum von den Vorwürfen entlasten. Denn den ursprünglichen Planungen zufolge sollte Beagle 2 seinen Hitzeschild in sieben Kilometer Höhe abwerfen, seinen Hauptfallschirm in zweihundert Meter. Wenn nun alle diese Komponenten derart dicht beieinander liegen wie von Pillinger angeführt, bedeutet das mit höchster Wahrscheinlichkeit, dass weder der Hitzeschild noch der Fallschirm abgeworfen wurden. Mit anderen Worten: Die Landesysteme versagten gründlich. <<

Frank Schubert ist Wissenschaftsjournalist und ständiger Mitarbeiter von AH.

Pillingers Landeszenario



NASA, JPL / MSSS / VIRTUAL ANALYTICS LTD.

Foto wurde invertiert (Negativ), um Einzelheiten besser zu erkennen.

1. Beagle 2 nähert sich, schräg von oben kommend, der Marsoberfläche (Pfeil).
2. Eingepackt in drei Airbags, schlägt die Landeeinheit auf der Kraterwand auf und hinterlässt einen kreisförmigen Abdruck (A).
3. Die Landeeinheit prallt ab, fliegt ostwärts, kollidiert abermals mit der Kraterwand (B) und wird in Richtung Süden geschleudert.
4. Ein neuerlicher Aufschlag (C) zerstört mit hoher Wahrscheinlichkeit die Airbags; Beagle 2 fliegt quer über den Krater.
5. Da die Airbags nun keine Federwirkung mehr bieten, werden die nächsten Aufschläge (D, E) sehr heftig.
6. Anschließend kullert die Landeeinheit in die Mitte des Kraters (F), wo sich die zerstörten Airbags automatisch abkoppeln und mitsamt des Landers liegen bleiben.

ABBILDUNGEN DIESER DOPPELSEITE: SPACEX 2005

Der kalifornische Falke bei der Integration der Raketenstufen

Neue Ära des Raketenbaus

Sollte Falcon 1 erfolgreich starten, haben die etablierten Luft- und Raumfahrtkonzerne ein Problem. **>> Eugen Reichl**

Aller guten Dinge sind drei. Sollte an diesem Sprichwort etwas dran sein, wird der Erstflug des Falcon am 8. Februar glücken – im dritten Anlauf. Versuch eins scheiterte am 16. November 2005, weil ein Fehler in der Elektronik den Erbauern einen Strich durch die Rechnung machte. Beim zweiten Termin, am 19. Dezember, wurde der Treibstofftank wegen eines klemmenden Druckausgleichsventils beschädigt.

Die Behebung des Problems erforderte einigen Aufwand: Aus der zweiten Flugeinheit, die in Kalifornien gerade in der Endmontage war, wurde die erste Stufe abmontiert und nach Hawaii geflogen. Dort kam sie auf die Fähre nach Kwajalein, eine der Marshall-Inseln, und von dort auf einer Barke zum Atoll Omelek.

Hehre Visionen Elon Musk verkaufte seine letzte Firma – jetzt strebt er nach Höherem.

Kleines Team – innovative Rakete

Auf diesem exotischen Südsee-Eiland befindet sich die Startrampe für die neue Trägerrakete: in der Nähe des Äquators, um die Erddrehung optimal nutzen zu können.

Falcon 1 ist das Produkt der Firma SpaceX, eines Unternehmens, das gerade mal seit dreieinhalb Jahren existiert. Es ist die erste Neuentwicklung einer Satellitenträgerrakete seit mehr als zehn Jahren; das Programm wird – weltweit erstmals – rein privatwirtschaftlich finanziert; und die Orbitalrakete hat – weltweit einzigartig – teilweise wiederverwendbare Komponenten.

SpaceX gehört Elon Musk, einem Internet-Tycoon, der ein märchenhaftes Vermögen als Erfinder von PayPal anhäufte, dem weltweit führenden Online-Zahlungssystem. Mehr noch als Computer hat Musk aber stets der Weltraum fasziniert. Und nun hat er das Kapital um seinen Traum wahr machen zu können: die Entwicklung eines Trägersystems, ein Vorhaben, das sich sonst nur global tätige Giganten der Luft- und Raumfahrt-Industrie oder staatliche Raketenbauer leisten können.

Eine vergleichsweise winzige Gruppe von Ingenieuren und Technikern hat die Rakete in einem Drittel der sonst üblichen Zeit vom Zeichenbrett auf die Startrampe gebracht. Noch nie zuvor gelang die Entwicklung eines kompletten Trägersystems mit derart wenig Mitarbeitern. Dabei hat Musk alles komplett neu entwerfen lassen: Triebwerke, Tanks, Elektronik. Dinge, für deren Konstruktion die großen Firmen Hunderte oder

Tausende von Fachleuten beschäftigen. Das ging an die Grenzen der Leistungsfähigkeit. Musk gibt das unumwunden zu: »Keiner hat angenommen, dass die Entwicklung leicht wäre. Dass es aber so schwierig wird, haben wir vorher nicht geglaubt«.

Aller Anfang ist schwer

Erfolgreiche Erstflüge sind in der Raumfahrt nicht gerade die Regel. Musk selbst verglich den Jungfernflug mit dem Versuch, auf Anhieb das perfekte Computerprogramm zu schaffen. »Es ist, als hätte man eine extrem komplexe Software, von der man immer nur kleine Teile testen kann, und auch die nicht auf dem Computer, auf dem sie am Ende laufen soll. Trotzdem muss es dann beim ersten Versuch perfekt funktionieren.«

Immerhin setzt die amerikanische Luftwaffe einiges Vertrauen in den neuen Träger und hat gleich für den Erstflug den Transport des zwanzig Kilogramm schweren Experimentalsatelliten Falconsat-2 gebucht.

Obwohl Musks Rakete in der Kategorie »Kleinträger« geführt wird, ist sie doch in der Lage, eine halbe Tonne Nutzlast in einen niedrigen Orbit zu bringen. Damit bleibt bei diesem Erstflug einiges an Reserven ungenutzt.

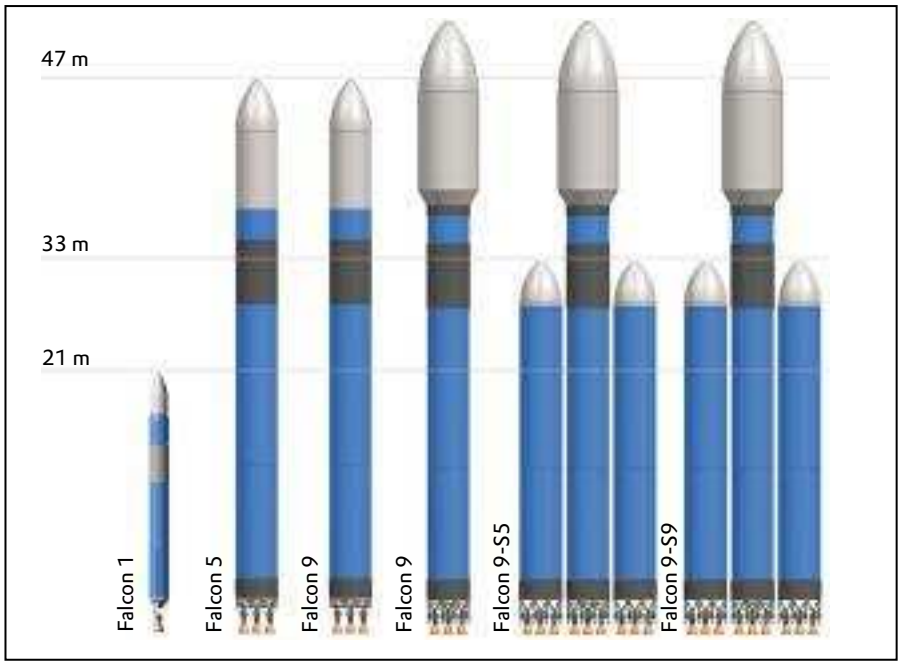
Die erste Stufe des Falken soll nach dem Ausbrennen an Fallschirmen im Pazifik niedergehen und bei einem späteren Start erneut verwendet werden. Das senkt die Kosten gegenüber den heute verwendeten »Wegwerf-Raketen«. Und mit den Kosten sind wir auch schon bei Musks zentralem Anliegen. Denn bei diesem Flug geht es um wesentlich mehr als nur den Start einer unbedeutenden Nutzlast an Bord einer kleinen Rakete. Der Flug des Falken hat das Potenzial, die gesamte Branche in ihren Grundfesten zu erschüttern.

Seine Losung lautet: »Runter mit den Startkosten!« Die sind nämlich seiner Ansicht nach – und auch nach Meinung der meisten Experten – der Hauptgrund dafür, dass die Raumfahrt kaum vom Fleck kommt. Eine »Henne-und-Ei-Problematik«: Es gibt so wenige Nutzlasten, weil die Startkosten so hoch sind, und die Startkosten sind so hoch, weil es so wenige Nutzlasten gibt.

Diesen Teufelskreis will Musk durchbrechen. Der Falke ist mit großem Abstand das billigste Trägersystem weltweit. Er kann sogar mit den russischen Interkontinentalraketen konkurrieren, die seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion zu Hunderten auf Halde liegen. Diese aber sind notorisch unzuverlässig und nähern sich allesamt langsam dem Ende ihrer technischen Lebensdauer.

Verglichen mit westlichen Trägern dieser Leistungsklasse ist der Preis für den Falcon ein Schnäppchen: 5,5 Millionen Euro. Die ähnlich leistungsfähige Pegasus von Orbital Sciences kostet das Drei-, die nur wenig stärkere Minotaur das Vierfache. Der zukünftige europäische Kleinträger Vega wird 15 Millionen Euro pro Start kosten – aber nur, weil die Esa aus Gründen der politischen Unabhängigkeit Europas jeden einzelnen Start finanziell massiv subventionieren wird. Sonst läge der Preis sogar bei 25 Millionen Euro.

Der gerade mal zwanzig Meter lange Falcon 1 ist nur der erste Schritt. Elon Musk hat große Pläne und ist auch schon dabei sie umzusetzen. Das Design dieser Rakete ist die technische Basis für den wesentlich leistungsfähigeren Falcon 5, der in nur zwei Jahren fliegen soll, und den noch größeren Falcon 9. Mit Letzterem wird Musk in die Klasse der amerikanischen Delta 4 und Atlas 5 vorstoßen sowie in die der europäischen Ariane-5 – und wenn das gelingt, wird es eng für die etablierten Unternehmen. <<



Ein defektes Ventil am Haupttank (Foto) führte nach dem Startabbruch im Dezember zu einer Beschädigung. Die größeren Brüder des Falcon 1 (Grafik) sollen bis zum Ende dieses Jahrzehnts einsatzbereit sein.

Eugen Reichl arbeitet in der Triebwerksentwicklung beim größten europäischen Raumfahrtkonzern.

Ein sonniges Vergnügen

Manchmal ist der helllichte Tag die beste Zeit zum Sternegucken. Wir zeigen, worauf man bei der Sonnenbeobachtung achten muss.

>> Richard Fienberg

Das weiß jeder Teleskopbesitzer: Das Bild eines Sterns zu vergrößern funktioniert nicht. Es bleibt ein strukturloser Punkt. Die leuchtenden Gestirne sind schlicht zu weit weg, als dass man mit einem Amateurfernrohr irgendwelche Details erkennen könnte. Doch eine Ausnahme gibt es: die Sonne. Sie liegt »nur« 150 Millionen Kilometer entfernt, sodass ihr Licht gerade einmal acht Minuten und zwanzig Sekunden benötigt, um zur Erde zu gelangen. Zum Vergleich: Der nächstgelegene Nachbar der Sonne – Proxima Centauri – leuchtet aus einer Entfernung von vierzig Billionen Kilometern. Sein Licht erreicht uns erst nach mehr als vier Jahren.

Kurzum, es gibt den einen Stern, den wir aus nächster Nähe beobachten können und der ähnlich viele Details offenbart wie der Mond mit seinen Gebirgen, Kratern und Tälern. Dieser, so will es der Zufall, erscheint am Himmel genau so groß wie die Sonne.

Aber Vorsicht: Nicht umsonst klebt auf dem Tubus jedes Teleskops die eindringliche Warnung, das Gerät auf gar keinen Fall ohne entsprechende Vorkehrungen in die Sonne zu richten. Bevor es losgeht, sollten Sie also unbedingt den Kasten »Sichere Sonne« auf S. 18 lesen. Das A und O dabei ist ein guter Filter am Objektiv. Es muss vollkommen abdeckt sein, bevor das Instrument auf die Sonne gerichtet wird. Je nach Art des Filters erscheint sie dann gelb, orange oder sogar bläulich.

Ein Stern aus nächster Nähe

Zunächst wird Ihnen die Sonne wahrscheinlich ziemlich ebenmäßig und unstrukturiert vorkommen. Doch sobald sich die Augen an den Anblick gewöhnt haben, zeigt sich, dass die Scheibe von innen nach außen an Helligkeit verliert. Diese so genannte Randverdunklung ist ein Zeichen dafür, dass die sichtbare Hülle der Sonne – die Fotosphäre (von photos, griechisch: Licht und spheros, griechisch: Kugel) – nicht fest, sondern gasförmig ist. Im Zentrum kann der Blick des Beobachters am tiefsten ins Sonneninnere eindringen. In den Randregionen hingegen geht er durch kühlere, äußere Schichten, die weniger intensiv strahlen.

Des Weiteren fällt auf, dass unser Stern – mal mehr und mal weniger – von dunklen Punkten übersäht ist. Manche sind so groß, dass man sie gar nicht übersehen kann, andere hingegen sind sehr klein und kaum zu erkennen. Diese Sonnenflecken markieren Orte, an denen das Magnetfeld des Sterns, das viele tausend Mal stärker ist als das der Erde, den Energiefluss aus dem Innern behindert. Deshalb sind sie um mehrere tausend Grad kühler als die umliegenden Regionen und erscheinen entsprechend dunkler. Allerdings sind diese Helligkeitsunterschiede relativ. Wäre es möglich, einen Sonnenfleck von der Sonne weg ins All zu versetzen, käme er uns nämlich ziemlich hell vor.

Die Energie, die sich darunter staut, muss anderswo entweichen. Und genau das tut sie auch, in Gestalt von Fackeln rund um die Flecken herum. Dort ist die Fotosphäre überdurchschnittlich heiß und hell. Weil sich die Fackeln nicht so deutlich abheben wie die Sonnenflecken, sieht man sie am Rand der Scheibe besser als in ihrem Zentrum.

Sie kommen einzeln, in Paaren oder grüppchenweise vor. Die größten von ihnen – die einen Durchmesser von vielen Erdradien erreichen können – weisen meist im Zentrum die dunkle Umbra (lateinisch: Schatten) auf, die ihrerseits von der helleren Penumbra (lateinisch: Halbschatten) umgeben ist. Mit einer hohen Bildauflösung gelingt es manchmal, >

GLOSSAR

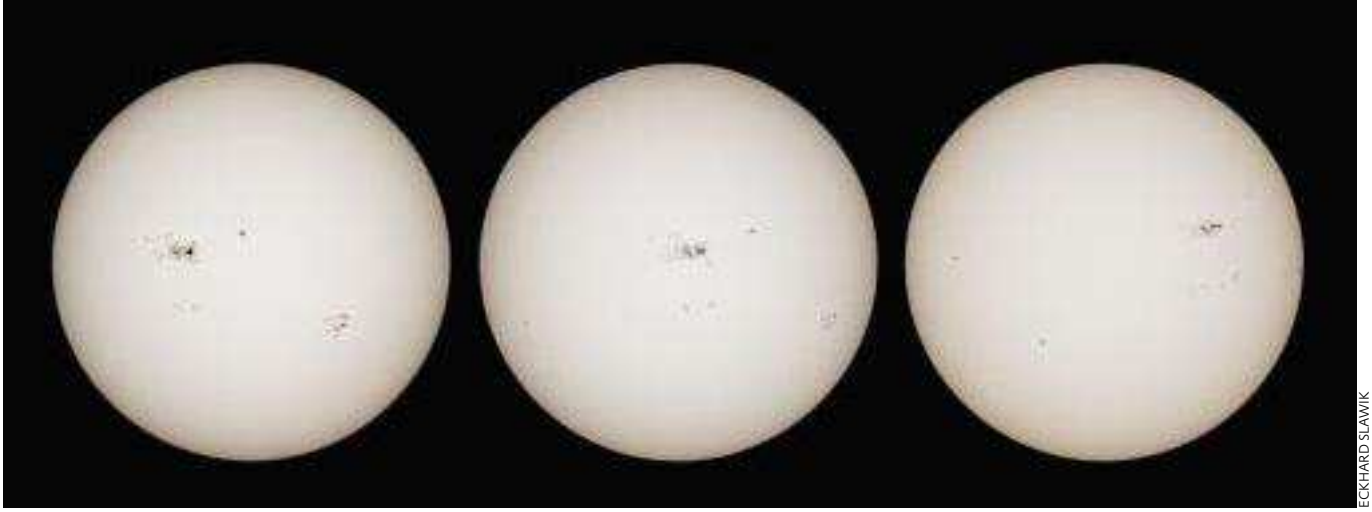
Die Sonne:

- durchschnittliche Entfernung von der Erde: 150 Millionen Kilometer
- Durchmesser: 1,4 Millionen Kilometer (= 109fache des Erddurchmessers)
- Masse: 333 000 Erdmassen
- Volumen: 1,3 Millionen Erdvolumen
- Temperatur: 15 000 000 Grad Celsius (Kern), 5500 Grad Celsius (Oberfläche)
- Zusammensetzung: 92,1 Prozent Wasserstoff, 7,8 Prozent Helium, 0,1 Prozent sonstige Elemente

In jeder Sekunde werden in dem heißen und dichten Kern der Sonne 700 Millionen Tonnen Wasserstoff zu Helium fusioniert. Rund fünf Millionen Tonnen davon werden in reine Energie umgewandelt. Sie erzeugt Sonnenlicht und -wärme.

Das Porträt der Sonne im sichtbaren Licht offenbart zahlreiche Details.

STEFAN SEIP



ECKHARD SLAWIK

> Strukturen in der Penumbra auszumachen, die so ähnlich aussehen wie Eisenspäne an einem Magneten.

Im Gegensatz zu den meisten Objekten am Nachthimmel, die weit gehend unveränderlich erscheinen, bietet uns die Sonne ständig einen anderen Anblick. Da unser Heimatgestirn um seine Achse rotiert, wandern die Sonnenflecken über die Sonnenscheibe und verteilen sich jeden Tag anders. Gleichzeitig bilden sich neue Flecken; diese werden immer größer, schrumpfen wieder oder verschmelzen miteinander.

Wer unser Gestirn regelmäßig studiert, wird feststellen, dass es ungefähr einmal pro Monat eine volle Umdrehung macht. Dabei lässt sich beobachten, dass die Flecken, die nahe dem Sonnenäquator liegen, schneller wandern als jene in den hohen Breiten. Diese differenzielle Rotation ist ein weiteres Indiz dafür, dass wir einen Gasball im Visier haben und nicht eine gewaltige Murmel.

Die Zahl der Flecken steigt und fällt rhythmisch in einem elfjährigen Zyklus. Zur Zeit der minimalen Aktivität kann die Sonne in seltenen Fällen sogar vollkommen fleckenlos sein. Zu Beginn eines neuen Zyklus bilden sich die Flecken bevorzugt in den mittleren Breiten von Nord- und Südhalbkugel. Nun steigt die Aktivität von Jahr zu Jahr, und die Flecken breiten sich bis in die äquatorialen Regionen aus.

Das letzte Maximum war Mitte des Jahres 2000 erreicht; seither nimmt die Sonnenaktivität wieder kontinuierlich ab und wird gegen Ende des Jahres 2006 ihr Minimum erreichen. Dicht unter der Fotosphäre steigen heiße Gase empor, kühlen sich ab und sinken erneut in die Tiefe. Diese Ströme sind für das körnige Aussehen der Sonne verantwortlich. Allerdings ist die Granulation so fein, dass sie nur mit einer starken Vergrößerung sichtbar wird. Der Objektivdurchmesser sollte mindestens zehn Zentimeter betragen.

Die Sonne dreht sich von West nach Ost – am Äquator allerdings schneller als in den hohen Breiten. Die Sonnenflecken verändern sich im Lauf von mehreren Tagen.

Seltenes Glück: Finsternis

Besonderes Glück hat, wer die Sonne während einer totalen Finsternis beobachten kann. Denn nur wenn der Mond alle ein bis zwei Jahre genau vor der Sonne entlangzieht, wird deren Halo (von halos, griechisch: Kreis) sichtbar, jenes filigrane, perlmuttfarbene Licht, das die Sonne wie einen glühenden

Sichere Sonne

Schon mit bloßem Auge sollte man tunlichst nicht lange in die Sonne schauen. Sie mit einem Teleskop zu beobachten ist jedoch ungleich gefährlicher. Schon ein flüchtiger Blick durchs Okular kann schwere Augenschäden bis hin zur Blindheit verursachen. Doch lässt sich die Gefahr durch zwei einfache Maßnahmen bannen.

NIGHT SKY, C.M. UTTER

Eine Möglichkeit besteht darin, mit Hilfe des Teleskops ein Bild vom Okular auf ein Stück weiße Pappe zu projizieren. Dazu richten Sie das Instrument auf die Sonne und bewegen Sie den Tubus, während Sie seinen Schatten auf dem Boden beobachten. Sobald er seine kleinste und rundeste Form annimmt, ist das Gerät ausgerichtet und Sonnenlicht strömt durch das Okular. Widerstehen Sie aber der Versuchung hineinzusehen und halten Sie stattdessen die Pappe davor. Verändern Sie die Entfernung zwischen Pappe und Okular und die Brennweite des Teleskops, bis ein scharfes Bild erscheint. Sollten Sie mehr als ein Okular besitzen, probieren Sie, mit welchem dies am besten funktioniert.

Ungefährlich ist die Sonne, wenn man nicht durch das Teleskop schaut, sondern ein Stück weiße Pappe vor das Okular hält.

Falls Ihr Teleskop einen Sucher hat, blicken Sie niemals hinein, wenn das Gerät ausgerichtet ist. Am besten entfernen Sie den Sucher oder fixieren die Schutzkappe mit einem Klebstreifen. Sollten Sie mit der Ausrichtung Schwierigkeiten haben, versuchen Sie es mit einem speziellen Sonnensucher. Je nach Ausführung wirft er einen Schatten oder einen hellen Punkt, der die Zielsuche erleichtert.

Die eindeutig bessere Wahl sind spezielle Filter, die vorne am Instrument montiert werden. Sie sind in der Regel aus metallbeschichtetem Glas oder Polymerfolie gefertigt und halten 99,999 Prozent der Sonnenenergie ab – auf diese Weise reduzieren sie nicht nur die Licht-, sondern auch die

Schleier umsäumt. In dieser Korona (von corona, lateinisch: Kranz), der dünnen äußeren Atmosphäre, lassen sich Schlaufen und flatternde Bänder erkennen, die durch das solare Magnetfeld hervorgerufen werden. Ein wahrlich atemberaubender Anblick, der allerdings nur demjenigen vergönnt ist, der irgendwo in dem schmalen Gürtel des über die Erde laufenden Mondschattens steht.

Die nächste Gelegenheit, eine totale Sonnenfinsternis zu beobachten, wird es am 29. März 2006 geben. Dann schiebt sich – in Teilen Südeuropas und Asiens, aber auch Nordafrikas zu sehen – der Mond wieder vor unser Heimatgestirn. Wer dabei sein möchte, kann sich schon heute für die Leserreise von ASTRONOMIE HEUTE anmelden. Weitere Informationen finden Sie auf S. 50.

Gegen Anfang (und Ende) der Verfinsterung, wenn der Mond gerade erst (oder gerade noch) die Fotosphäre ganz und gar bedeckt, lässt sich ein feuriger, rubinroter Bogen entlang dem Sonnenrand beobachten – die Chromosphäre (von chromos, griechisch: Farbe). Sie besteht aus einer dünnen und überaus dynamischen Schicht heißen Gases an der Basis der Korona.

Den Magnetfeldlinien folgend schießen daraus in großen Bögen flammenähnliche Protuberanzen (von protuberare, lateinisch: hervorschwellen) hervor. Für ihre charakteristische Färbung sind energiereiche Wasserstoffatome verantwortlich, die den größten Teil ihrer Strahlung auf einer einzigen Wellenlänge – der so genannten Wasserstoff-Alpha- oder kurz H-alpha-Linie – im langwelligen Teil des elektromagnetischen Spektrums abgeben.

Im Gegensatz zur Korona, die nur für die kurze Zeit während einer totalen Sonnenfinsternis zu sehen ist, lässt sich die Chromosphäre immer beobachten, und zwar nicht nur entlang ihrem Rand, sondern über die gesamte Scheibe hinweg – vorausgesetzt der Beobachter besitzt einen Spezialfilter, der für die H-alpha-Strahlung durchlässig ist und zugleich die blendende Helligkeit der Fotosphäre dämpft.

Es gibt viele Sonnentage

Zwar kann ein H-alpha-Filter für ein Teleskop mehrere tausend Euro kosten, doch gibt es auch preiswerte Alternativen unter tausend Euro. Und die Investition lohnt sich: Durch einen H-alpha-Filter lassen sich grandiose Protuberanzen in allen Formen und Größen beobachten. Man sieht, wie sie weit ins All schießen, sich verbiegen und verdrehen, um alsbald wieder zu verblassen.

Damit kann man bisweilen auch sehen, wie die Sonnenflecken in blitzartigen Eruptionen – den Flares – aufleuchten. Fast immer tanzen hingegen dunkle, schlangenförmige Filamente über die Sonnenscheibe – so heißen die Protuberanzen, wenn sie nicht vom Rand ins All schießen, sondern aus der Scheibe dem Beobachter entgegen. Während die Sonne im sichtbaren Licht zwar beeindruckend, aber passiv erscheint, so wird sie im Schein von H-alpha geradezu lebendig.

Astronomische Studien unseres Sterns sind gegenüber den nächtlichen Beobachtungen von Sternhaufen, Nebeln und Galaxien in vielerlei Hinsicht einfacher. Die atmosphärischen Einflüsse sind beispielsweise weit weniger bedeutsam, unmöglich wird die Beobachtung allenfalls unter einer dichten Wolkendecke. Zudem lässt sich die Sonne – weil sie so hell ist – bereits mit kleinen Teleskopen sehr gut studieren. Und natürlich stellen auch die grellsten Lichter der Großstadt kein Problem dar.

Und zu guter Letzt zählt auch, dass man nicht die Nächte durchwachen muss, um sich am nächsten Morgen erschöpft in die Arbeit zu schleppen – so wie es die Redakteure von Astronomie-Magazinen oft tun … <<

Richard Fienberg ist der Chefredakteur von Sky & Telescope. Seit er entdeckte, dass er der Astronomie nicht nur nachts, sondern auch tagsüber nachgehen kann, fragt er sich mitunter, wann er wohl jemals wieder Zeit zum Schlafen hat.

NIGHT SKY, C. M. UTTER

Filter sind das A und O der Sonnenbeobachtung. Es gibt sie als metallbeschichtete Gläser (links) oder Polymerfolie (rechts).

Wärmestrahlung auf ein verträgliches Maß. Damit können Sie direkt durch das Okular blicken. Solche Filter sind beim Fachhändler in verschiedenen Größen und für alle gängigen Teleskopmodelle erhältlich.

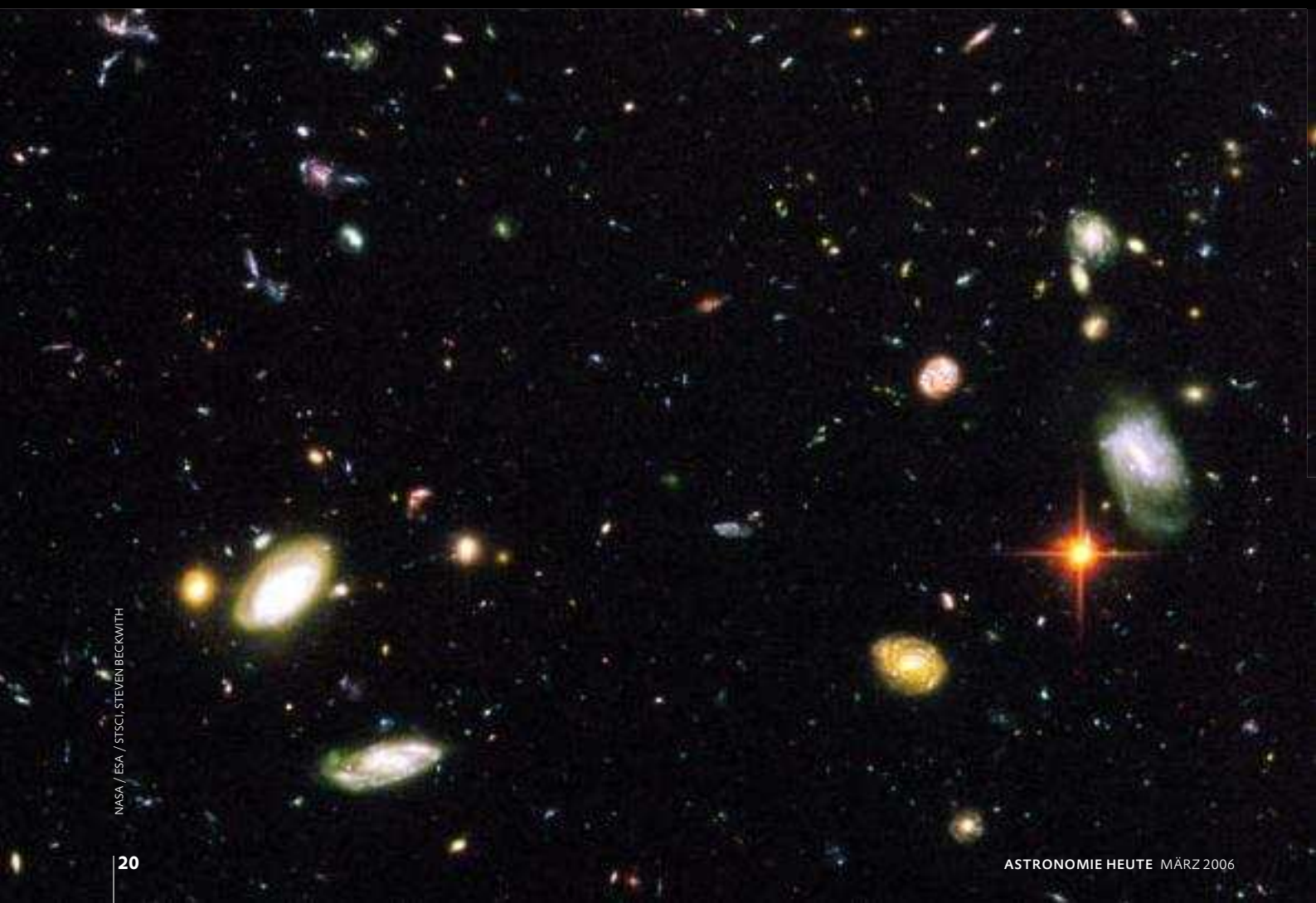
Richten Sie Ihr Fernrohr mit der oben beschriebenen Methode auf die Sonne aus. Befestigen Sie dann den Filter am Objektiv. Vergewissern Sie sich, dass er fest sitzt, bevor Sie ins Okular blicken. Auch hier gilt: Experimentieren Sie mit unterschiedlichen Okularen. Manche Teleskope sind serienmäßig mit einem Sonnenfilter ausgestattet, der in die Okularröhre eingeschoben werden kann. Solche Vorrichtungen sind nicht empfehlenswert. Sonnenfilter sollten immer vorne auf das Instrument aufgesetzt werden.

Eine letzte Warnung: Lassen Sie ein auf die Sonne gerichtetes Teleskop nie unbeaufsichtigt, egal ob Sie mit einem Filter oder mit der Projektionsmethode arbeiten. Sie wissen nie, ob ein Windstoß Ihren sorgfältig geplanten Aufbau verstellt oder Ihr Instrument ein neugieriges Kind dazu verleitet hineinzusehen.

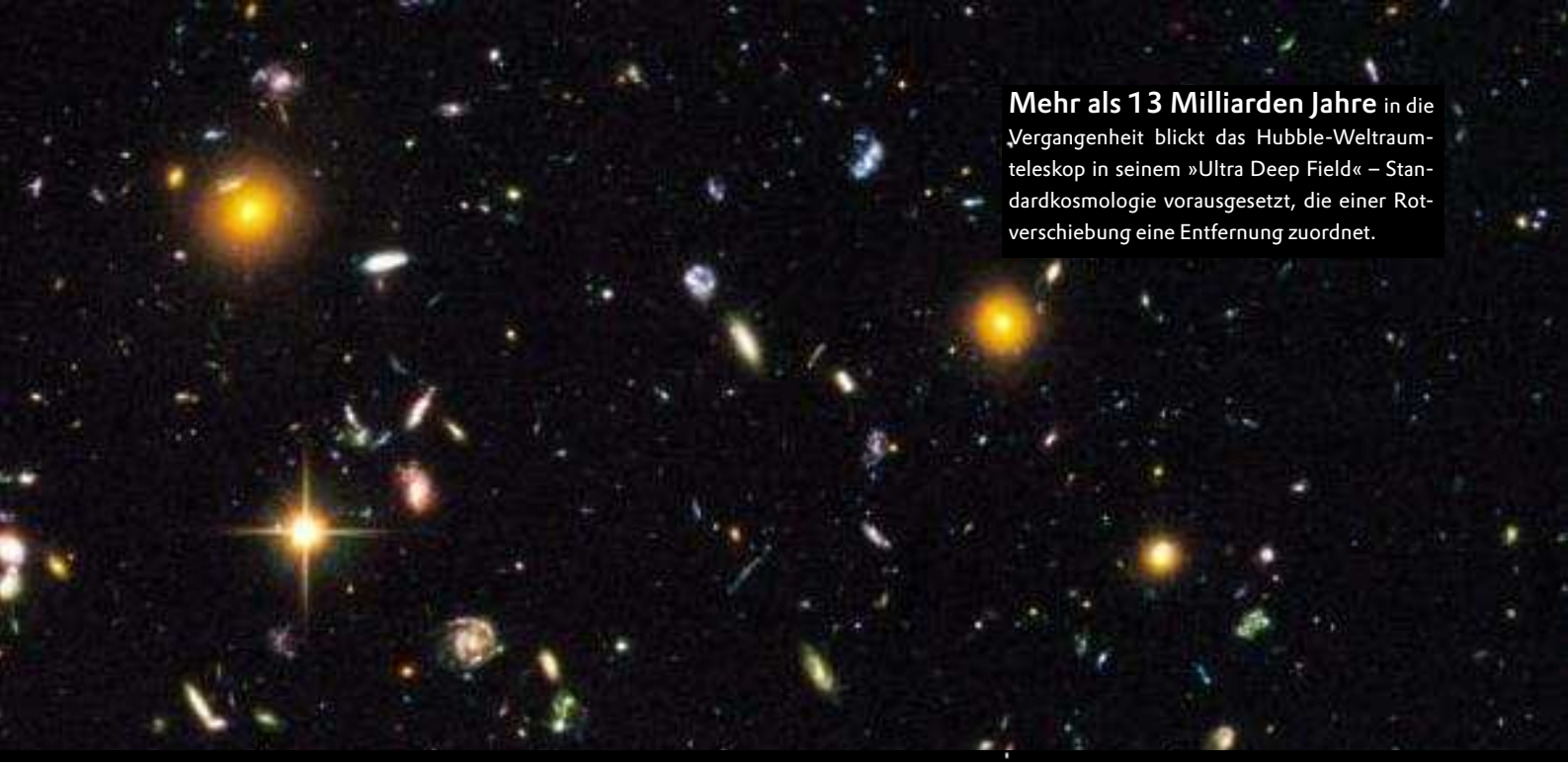
Urknall oder nicht Urknall?

Gab es den »Big Bang« und die anschließende Inflation? Einige Wissenschaftler zweifeln und suchen nach alternativen Theorien zum kosmologischen Standardmodell.

>> Jürgen Brück



NASA / ESA / STSCI, STEVEN BECKWITH



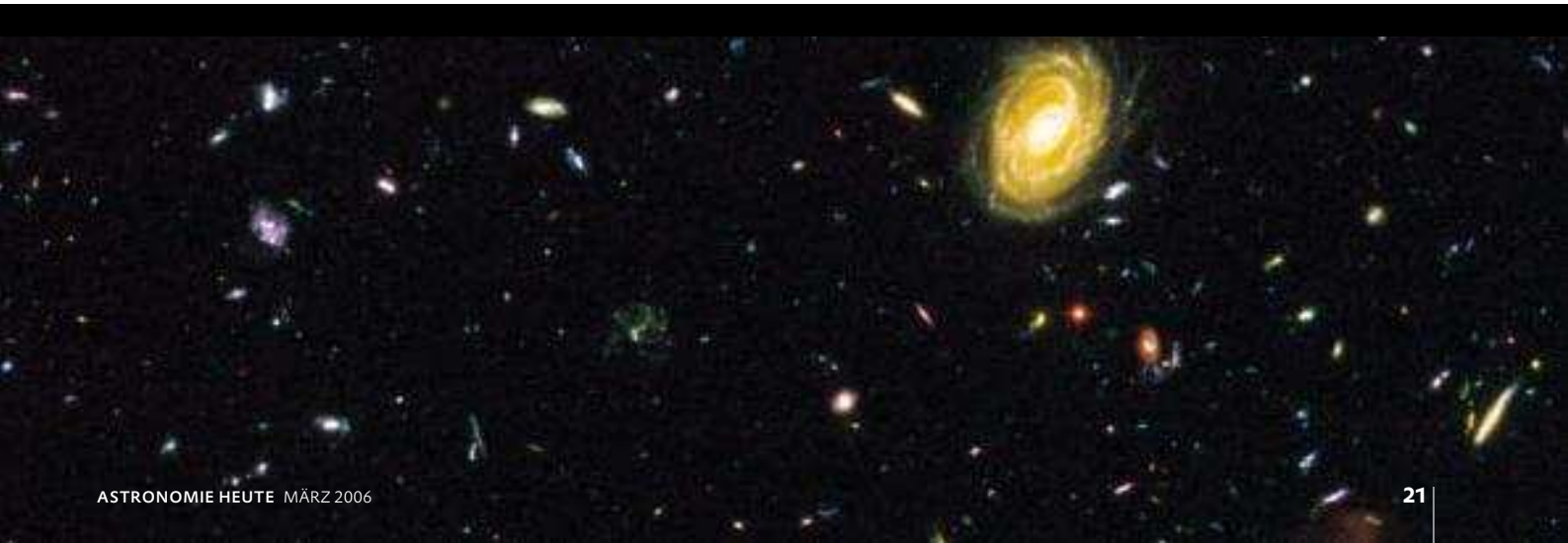
Mehr als 13 Milliarden Jahre in die Vergangenheit blickt das Hubble-Weltraumteleskop in seinem »Ultra Deep Field« – Standardkosmologie vorausgesetzt, die einer Rotverschiebung eine Entfernung zuordnet.

Am 22. Mai 2004 erschien im Wissenschaftsmagazin »New Scientist« ein offener Brief an die Forschergemeinde. Angeführt von Halton Arp (Foto S. 22) brachten hier Wissenschaftler der Öffentlichkeit insbesondere zwei Anliegen zu Gehör: Zum einen halten sie das kosmologische Standardmodell nicht für eine befriedigende Erklärung für die Entstehung und die Frühzeit des Kosmos und zum anderen fühlen sie sich von den Befürwortern des Urknallmodells geringschätzig behandelt. Sie, die »Abweichler«, seien in der öffentlichen Wahrnehmung so gut wie nicht präsent, somit weit gehend von der Vergabe der Forschungsmittel ausgeschlossen und könnten deshalb ihre Theorien nicht in gebührendem Maße ausarbeiten.

Die inflationäre Phase des frühen Universums wurde im Leitartikel der letzten Ausgabe beschrieben (AH 1-2/2006, S. 24). Lassen die Beobachtungen auch andere Deutungen zu? Sind die Ansichten von Arp und seinen Kollegen so brisant, dass ihre Konkurrenz alles daransetzt, um eine Diskussion zu verhindern – oder handelt es sich hierbei nur um Hirngespinste?

Die Theorie des ewig Gleichen

Eine frühe Konkurrentin des Urknallmodells war die Steady-State-Theorie, die Ende der 1940er Jahre unter anderem von Fred Hoyle entwickelt wurde (AH 12/2005, S. 54). Auch hier expandiert das Universum, doch seine Dichte ändert sich nicht. Um das zu gewährleisten, ist es nötig, dass sich ständig neue Materie bildet. Einen Anfang – wie den Urknall – oder ein Ende des Universums sieht dieses Modell indes nicht vor, daher der Name. Wir haben es nach Hoyle also nicht nur mit einem räumlich, sondern auch mit einem zeitlich homogenen und isotropen Universum zu tun. Eine gewisse Eleganz kann man der Theorie nicht absprechen, daher erscheint es wenig verwunderlich, dass sie sich zunächst großer Beliebtheit erfreute. Allerdings zeigte sie in zwei Punkten deutliche Schwächen: Sie konnte weder für die Hintergrundstrahlung noch für die Häufigkeit der leichten Elemente im Universum eine befriedigende Erklärung liefern. Und so hieß es – für einige Wissenschaftler durchaus schweren Herzens – Abschied zu nehmen von der >



> Vision eines ewigen und unveränderlichen Universums. 1967 schrieb der Physiker Dennis Scianna: »Ich muss hinzufügen, dass für mich der Verlust der Steady-State-Theorie Anlass zu großer Trauer war. Die Steady-State-Theorie hatte einen Schwung und eine Schönheit, die der Architekt des Universums aus einem unerklärlichen Grund übersehen zu haben scheint. Das Universum ist tatsächlich ein Flickwerk, aber ich glaube, wir müssen das Beste daraus machen.«

Das Unbehagen, eine »schöne« Theorie einfach fallen lassen zu müssen, ließ Fred Hoyle jahrzehntelang nicht los und er stellte schließlich 1993 zusammen mit seinem Kollegen Geoffrey Burbidge und dem theoretischen Physiker Jayant Narlikar die Quasi-Steady-State Cosmology (QSSC) vor. Die Grundlage ihrer Überlegung stellt dabei die fehlende Skaleninvarianz der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART) dar. Denn sie behandelt den Urknall – mathematisch gesprochen – als Singularität. Raum und Zeit sind hier vollkommen anders als heutzutage.

Also versuchten die Wissenschaftler, Einsteins Theorie so weit zu verallgemeinern, bis sie das Postulat der Skaleninvarianz erfüllte, sodass man gedanklich beliebige Sprünge durch Raum und Zeit machen kann und am Ziel ein Universum vorfindet, das genauso beschaffen ist wie hier und heute.

Um das zu erreichen, wählten sie das Mach'sche Prinzip als Grundlage. Es besagt, dass die Trägheit einer Masse durch die Wechselwirkung aller Massen im Weltall bewirkt wird und nicht – wie in der Newton'schen Physik – eine untrennbare Eigenschaft jedes einzelnen Körpers darstellt. Dieser Ansatz erwies sich als erfolgreich: Im Rahmen der QSSC stellt die Allgemeine Relativitätstheorie lediglich den Spezialfall für moderate und schwache Gravitationsfelder dar.

Ein weiteres Kernstück der Theorie ist das C-Feld. Überall dort, wo dieses Feld ausreichend stark ist, kann Materie gebildet werden. Dies ist vor allem in der Nähe sehr massereicher Körper der Fall. Nun ist das C-Feld so beschaffen, dass die Erschaffung von Materie explosionsartig in winzigen Urknallen vonstatten geht. Diese »Mini-Bangs« sind auch für die Expansion des gesamten Universums verantwortlich. Allerdings läuft die Expansion in Schüben ab. In Zeiten, da keine oder kaum neue Materie gebildet wird, zieht sich das Universum wieder ein wenig zusammen. In gewisser Weise oszilliert das Universum also. Diese Schwingung wird von einer langsamen exponentiellen Ausdehnung überlagert.

Sehen wir uns noch ein wenig näher an, was passiert, wenn Masse »hergestellt« wird. Bei diesem Vorgang entstehen zunächst »Planck-Teilchen«. Sie sind extrem kurzlebig und zerfallen in viele weitere Partikel. Da diese sich noch sehr nahe beieinander befinden, ist die Temperatur in ihrer Umgebung sehr hoch und es kommt zu Fusionsreaktionen, ähnlich denen, die die Standardtheorie für die Zeit kurz nach dem Urknall annimmt. So können sich also auch hier leichte Elemente bilden. Für zwei weitere zentrale Indizien für das Standardmodell, den Mikrowellenhintergrund und die kosmologische Rotverschiebung, hat die QSSC ebenfalls Erklärungen. Haben wir es hier also mit einer echten Alternative zum Urknallmodell zu tun?

Rätselhafte Rotverschiebung – Arpsche Objekte

Schauen wir zunächst auf die Rotverschiebung, die vom Standardmodell so schön einleuchtend durch die Expansion des Universums erklärt wird. Auf einige Beobachtungen zur Rotverschiebung benachbarter Objekte stützt sich die Kritik, die der Astronom Halton Arp, derzeit freier Mitarbeiter des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Garching, dem Standardmodell entgegenbringt. Diese »anomale« Rotverschiebung findet sich bei Galaxien und Quasaren (oder Galaxienpaaren), die scheinbar durch Filamente miteinander verbunden sind, aber dennoch deutlich unterschiedliche Rotverschiebungen aufweisen. Ein auch von Arp immer wieder gern angeführtes Beispiel für dieses Phänomen sind die Galaxie NGC 4319 und der Quasar Markarian 205 (Foto rechts). Beide Objekte scheinen miteinander verbunden zu sein, dennoch weist die Galaxie eine Rotverschiebung von 0,005 auf, wohingegen der Wert des Quasars bei 0,07 liegt.

MIT FRDL. GEN. VON CHANDRA WICKRAMASINGHE, AUS: A JOURNEY WITH FRED HOYLE, 2005

MIT FRDL. GEN. VON HALTON ARP

FRITZ ZWICKY STIFTUNG, GLARUS, SCHWEIZ

Verfechter der alternativen Theorien Der gebürtige Ceylonese Chandra Wickramasinghe und der Engländer Sir Fred Hoyle (oben), der Amerikaner Halton Arp (Mitte) und der in der Schweiz geborene US-Astronom Fritz Zwicky (rechts)

NASA / ESA / STScI

Dreh- und Angelpunkt der Argumentation sind Galaxien-Quasar-Paare wie hier NGC 4319 und Markarian 205 (rechts oben im Bild).

Wie lässt sich dieser Effekt erklären? Während die Mehrheit der Wissenschaftler schlicht und ergreifend davon ausgeht, dass die beiden Objekte nicht miteinander verbunden sind, wertet Arp seine Beobachtungen als Beweis für die Fehlerhaftigkeit des Standardmodells. Für ihn stellt die Rotverschiebung eine Erscheinung dar, die ausschließlich durch die Objekte selbst zu Stande kommt; das Universum aber sei statisch. Matthias Bartelmann von der Kosmologieforschungsgruppe am Institut für Theoretische Astrophysik der Universität Heidelberg hält nicht viel von derartigen Erklärungen: »Wir wissen, dass Objekte hoher Rotverschiebung weiter entfernt sind als Objekte niedriger Rotverschiebung, denn Letztere erscheinen vor Erstere projiziert und nicht umgekehrt. Das wird in den Absorptionsspektren von Quasaren wohl am deutlichsten. Schon das, wofür man keinerlei kosmologische Annahmen braucht, steht im Widerspruch zu Halton Arps These, weshalb ich meine, dass sie unbegründet ist.«

Die verschiedenen Werte für die Rotverschiebung erklären sich nach dem Modell von Arp und Narlikar so: Im Universum entsteht immer wieder neue Materie in Form von Mini-Bangs. Im Moment ihres Entstehens verfügt die Materie aber über keine Masse. Erst im Lauf der Zeit nimmt ihre Masse zu, die Objekte fangen an, der Gravitation zu unterliegen. Dass wir im Milchstraßensystem nichts davon merken, liegt daran, dass alle Materie der Galaxis zum gleichen Zeitpunkt entstanden ist – daher gilt bei uns auch die Allgemeine Relativitätstheorie. Ist nun die Masse eines Elements weit weg im Universum geringer als bei uns, benötigt man weniger Energie, um Elektronen seiner Hülle anzuregen, und die Absorptionslinien der fernen Galaxie wirken rotverschoben.

Materie entsteht – laut Arp – stets innerhalb großer Galaxien. Da ihre Masse kurz nach der »Geburt« noch sehr gering ist, bewegt sie sich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit und tritt irgendwann aus der »Muttergalaxie« aus. In diesem Stadium erscheint sie noch stark rotverschoben und wir nehmen sie als Quasar wahr. Mit der Zeit nimmt nun die Masse zu, die Rotverschiebung schwächt sich ab und sie erscheint letztlich als ganz gewöhnliches – wenn auch immer noch schwach rotverschobenes – Sternsystem.

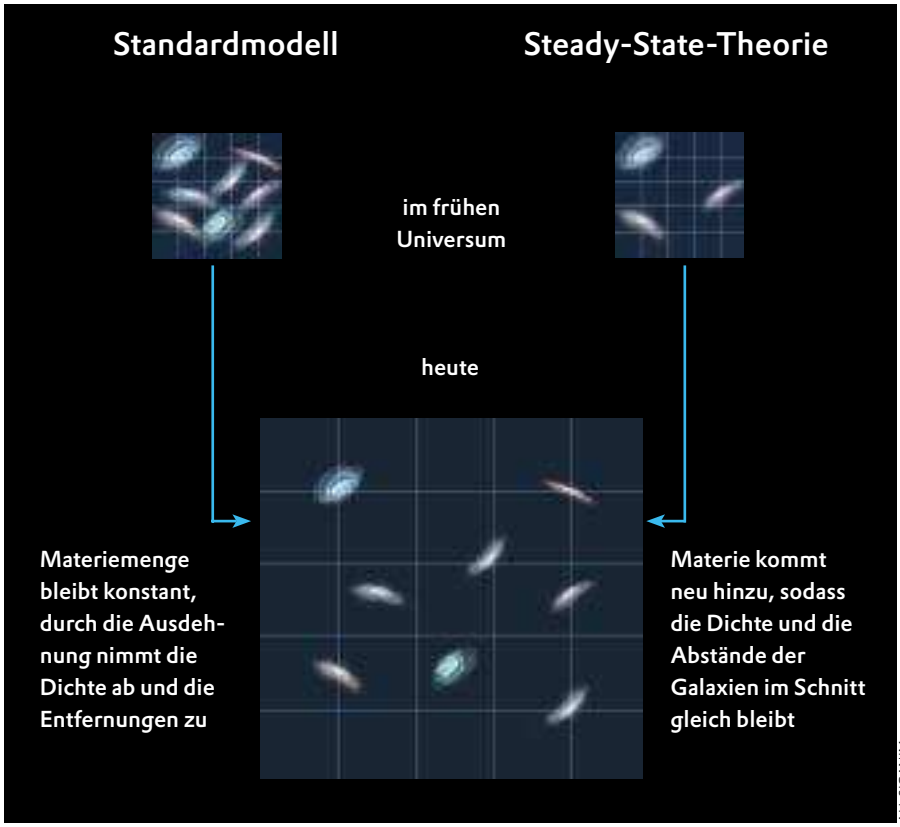
Bartelmann beurteilt Arps aktuelle Rolle in der Kosmologie so: »Halton Arp spielt seit Langem die Rolle eines Advocatus Diaboli, und es ist sehr nützlich für die Kosmologie, immer wieder dazu gezwungen zu werden, sich ihrer Grundlagen zu versichern. Insofern halte ich seine Bemühungen durchaus für hilfreich, weil sie die Begriffe und Konzepte der Kosmologie schärfen helfen.«

Kann Licht müde werden?

Die Kritik der Standardmodellgegner entzündet sich oft an der Rotverschiebung. Mehrfach wurden von ihrer Seite Versuche unternommen, alternative Erklärungen für dieses Phänomen zu finden. Fritz Zwicky (rechtes Foto auf der linken Seite), ein Kollege Edwin Hubbles, brachte Ende der 1920er Jahre die »Lichtermüdung« als Erklärung für die Rotverschiebung ins Gespräch, ein Gedanke, der auch heutzutage immer wieder auftaucht. Ihm liegt die Überlegung zu Grunde, dass Lichtquanten auf ihrem langen Weg doch auch Energie verlieren könnten, etwa dadurch, dass sie an intergalaktischen Staubpartikeln gestreut werden.

Auch Fred Hoyle und Jayant Narlikar stellten eine Hypothese auf. Sie gehen in ihrem Modell nicht von einem expandierenden Universum aus, sondern nehmen exakt das Gegenteil an: ein schrumpfendes Weltall. In diesem Modell ändert sich nicht die Größe des Universums, aber alle atomaren Größen werden kleiner. So scheinen sich die Galaxien, indem sie schrumpfen, voneinander zu entfernen, obwohl der Abstand zwischen ihnen eigentlich gleich bleibt. Da die Atome früher größer waren, ist auch die Wellenlänge der von fernen Galaxien abgegebenen Strahlung und somit ihre Rotverschiebung größer.

Um eine alternative Erklärung für die kosmische Drei-Kelvin-Hintergrundstrahlung geht es Fred Hoyle und Chandra Wickramasinghe (großes Foto linke Seite) mit ihrer Eisennadeltheorie. Ihren Berechnungen zufolge »entspricht die Energiedichte der Hintergrundstrahlung in etwa der Energiedichte des Sternlichts der Milchstraße sowie der Energiedichte aus der Umwandlung von Wasserstoff in Helium in Sternen und ebenfalls der Energiedichte der kosmischen Strahlung«, wie sie 1989 in einem Artikel in »Bild der Wissenschaft« erläuterten. Daraus schlossen die beiden Wissenschaft- >



Ein Big Bang oder viele Mini-Bangs? Beim Standardmodell (links) verteilt sich die im Urknall entstandene Materie, bei der Quasi-Steady-State-Theorie wird ständig neue Materie gebildet.

> ler, dass die Hintergrundstrahlung in kosmologisch junger Zeit aus der Strahlung entstanden ist, die bei der Kernfusion in Sternen erzeugt wurde. Um so die gemessene Strahlung zu erhalten, sind aber noch spezielle Teilchen notwenig, die sozusagen als Antennen fungieren. Hoyle und Wickramasinghe (AH 6/2005, S. 54) meinen nun, dass diese in Form von Eisennadeln mit einem Durchmesser von der Größe eines Atomkerns und einer Länge von bis zu einem Millimeter existieren, und kommen zu dem Schluss: »Die bei der Umwandlung von Wasserstoff in Helium in Sternen freigesetze Energie könnte zuerst von den winzigen Staubteilchen in den Galaxien in Infrarotstrahlung und später von den Eisennadeln in Wärmestrahlung größerer Wellenlänge umgewandelt worden sein.«

Bartelmann hingegen ist davon überzeugt, dass Hoyle seine Idee selbst nicht ganz ernst gemeint haben kann: »Sie war ein Versuch, die offensichtliche thermische Strahlung im Universum alternativ zu erklären, ist aber erheblich künstlicher als die Urknalltheorie, weil sie die Existenz von genügend viel Eisen, günstige Bedingungen nicht nur für die Entstehung von Eisennadeln, sondern auch für deren richtige Länge und deren weitestgehende Gleichförmigkeit im Universum verlangen muss. Darüber hinaus sind Eisennadeln natürlich sehr empfindlich für großräumige Magnetfelder, würden sich deswegen ausrichten und damit der abgegebenen Strahlung ein Polarisationsmuster aufprägen, das mit dem beobachteten Mikrowellenhintergrund nichts zu tun hat.«

Jenseits der Relativitätstheorie

Das Standardmodell lässt zweifelsohne viele Fragen offen, wie Teil 1 (AH 1-2/2006, S. 24) unserer Reihe bereits aufgezeigt hat. Dies betrifft besonders die zu Grunde liegende Physik im frühen Universum. »Solche Situationen sind nicht ganz unbekannt in der Physik, wo oft Quantenaspekte für eine vollständige Beschreibung in Betracht gezogen werden müssen«, erklärt Martin Bojowald, der am Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik gearbeitet hat und jetzt Assistenzprofessor für Physik an der Pennsylvania State University ist. »Auch in der Kosmologie muss man deshalb Raum und Zeit selbst durch eine Theorie der Quantengravitation beschreiben, und das ist der Ansatzpunkt der ›Schleifen-Quantenkosmologie‹.« Sollte es den Urknall gegeben haben, müsste sich das Universum dabei in einem Zustand befunden haben, der durch die Allgemeine Relativitätstheorie nicht beschrieben werden kann. In dem kleinen Kosmos würde sich die Gravitation anders verhalten und wirkt unter Umständen auch abstoßend.

Bojowald erklärt: »Zunächst verhindert die Abstoßung den totalen Zusammensturz in eine Singularität, wie sie die Allgemeine Relativitätstheorie vorhersagen würde. Außerdem kann die Abstoßung, die ja abgeschwächt auch bei größeren Abständen noch wirksam ist, zu einer Beschleunigung der Ausdehnung führen und damit das Phänomen der Inflation erklären.«

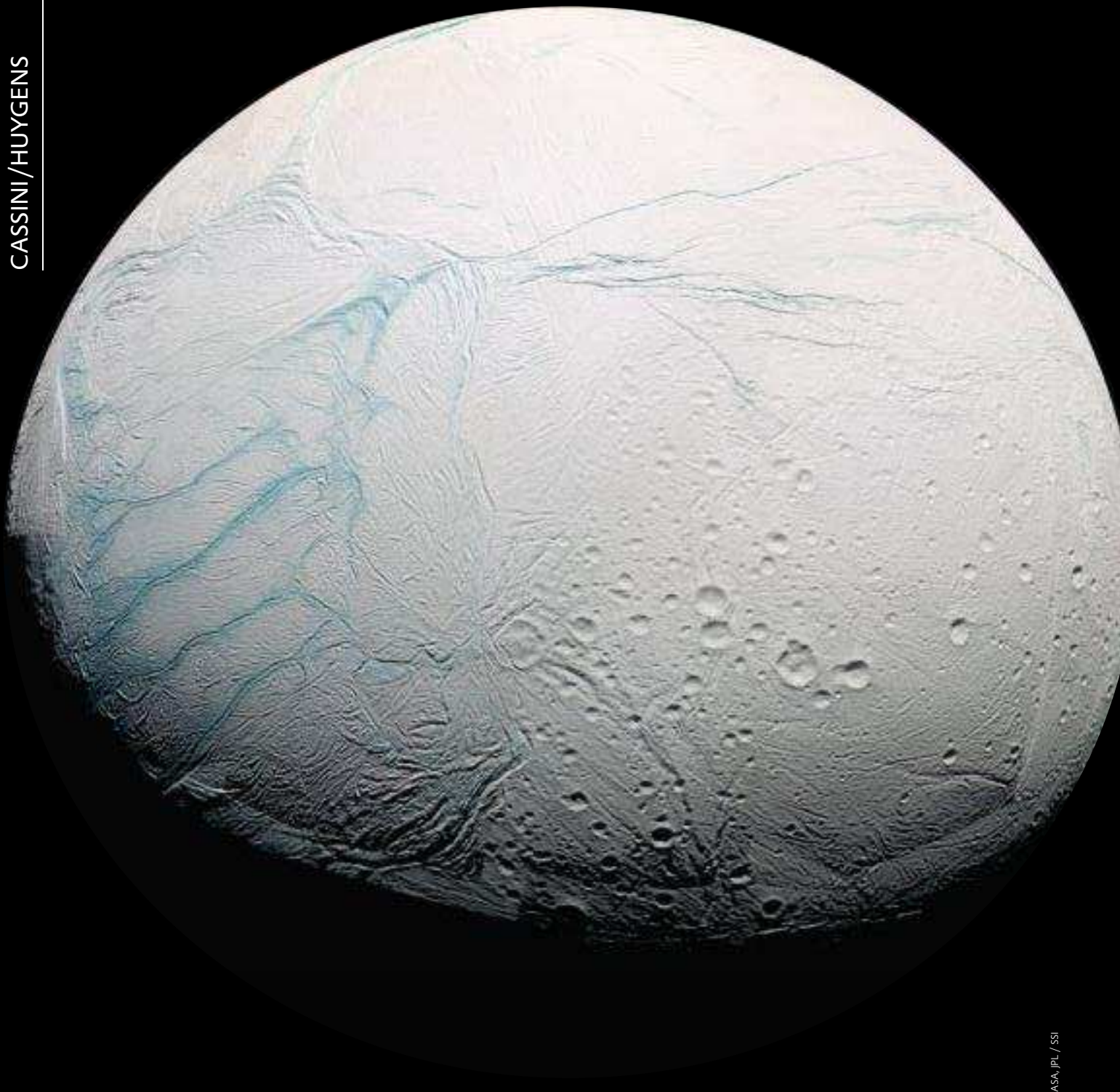
Die Theorie ist noch nicht ausgereift, aber sie erweist sich schon jetzt als mögliches Fundament des Standardmodells, mit dem auch die Erklärung der Entstehung des Universums gelingen könnte. Und vielleicht sogar der Zeit vor dem Urknall.

Gab es ihn wirklich? Die meisten Astronomen, Physiker und Kosmologen werden die Frage bejahen. Dies trotz der Vielzahl an »Anti-Urknall-Theorien«, von denen wir die fundiertesten hier skizziert haben. Im Internet schwirren natürlich noch viele weitere herum, die meisten lassen jedoch jegliche Seriosität und wissenschaftlichen Gehalt vermissen. Aber auch in den Reihen der Modelle »echter« Forscher scheint das Standardmodell bis jetzt die brauchbarste Grundlage zur Beschreibung des Kosmos zu sein. Nichtsdestotrotz kann ein Dialog zwischen Befürwortern und Gegnern des Urknalls dazu beitragen, das Verständnis für das Universum zu verbessern. <<

Jürgen Brück ist freier Journalist in Bonn und spezialisiert auf Themen der Physik, Kosmologie und Nanotechnologie.

Der dritte Teil wird sich in einer der nächsten Ausgaben mit Einsteins »größter Eselei« beschäftigen, der Kosmologischen Konstanten.

Weblinks
http://cosmologystatement.org • www.haltonarp.com • http://msb.ita.uni-heidelberg.de



Tigerstreifen nennen die Planetenforscher die blau gefärbten, tektonisch deformierten Areale am Südpol des Saturnmonds Enceladus (links im Bild).

ALLE FOTOS DIESES ARTIKELS: NASA, JPL / SSI

Saturns geheimnisvolle Monde

Das Jahr 2005 war der Erkundung des Saturnsystems gewidmet. Bei insgesamt 13 sehr nahen Vorbeiflügen in nur zwölf Monaten lieferte die internationale Raumsonde Cassini/Huygens zahlreiche faszinierende Bilder und Daten. **>> Tilmann Denk**

Das »Jahr der Saturnmonde« begann für Cassini gleich schwungvoll in der Silvesternacht 2004/2005 mit der zweitbesten Passage des Trabanten Iapetus. Er entdeckte bei diesem Vorbeiflug nicht nur einen gigantischen Bergrücken am Äquator dieses Monds (Bild S. 33). Erstmals konnte auch die dunkle Hemisphäre im Detail studiert werden.

Vermutlich sind mehrere Prozesse für den markanten Helligkeitsunterschied zwischen Bug- und Heckseite verantwortlich. Einerseits färbt Staub, der möglicherweise von den äußeren Saturnmonden stammt, die Bugseite rötlich. Andererseits kann das Sonnenlicht durch die langsame Rotation des Monds (achtzig Tage pro Umdrehung) seine äquatorialen Breiten so weit aufwärmen, dass dort vorhandenes Wassereis verdampft und sich an seinen Polen niederschlägt.

Bereits zwei Wochen später folgte das Highlight der Mission: Dem in Europa gebauten Lander Huygens gelang eine weiche Landung auf dem größten Saturnmond Titan. Beim Abstieg gewonnene Aufnahmen der Oberfläche enthüllten ein komplexes Netzwerk von Flussläufen sowie ausgedehnte Tiefebenen. Flüssiges Methan entdeckte die Sonde auf der Oberfläche zwar nicht, doch unter der minus 180 Grad Celsius kalten Eiskruste könnte es selbst an der Landestelle im Innern verborgen liegen.

Insgesamt sieben weitere Male flog Cassini im Lauf des Jahrs am Titan vorbei. Dabei wurden sowohl Hinweise auf frühere tektonische Aktivität als auch auf Winderosion gefunden. Die von manchen Forschern auf seiner Oberfläche vermuteten offenen Methanseen oder gar -meere wurden indes bislang noch nicht entdeckt. Immerhin zeigen die ISS-Kamera und das Infrarotspektrometer »VIMS« Wolken in Südpolnähe. Diese bestehen vielleicht aus Methan und treiben in etwa zwanzig Kilometer Höhe. Ob aus ihnen Methan regnet, ist bisher noch unbekannt.

Die ersten beiden von insgesamt drei Enceladuspassagen folgten im Februar und März. Die junge, tektonisch stark beeinflusste Oberfläche dieses merkwürdigen Monds (Bild links) wurde so eingehend studiert wie seine alten, stark verkraterten Gebiete. Messungen des Magnetfelds ließen auf eine Anomalie in Südpolnähe schließen, worauf die Passage im Juli nicht in 1000, sondern in 170 Kilometer Höhe stattfand.

Dann die Überraschung: Enceladus ist ein aktiver Mond! Der aus Eispartikeln bestehende E-Ring, dessen dichtester Bereich innerhalb der Enceladusbahn liegt, wird durch Eruptionsfontänen am Südpol des Monds gespeist. Neben unserer Erde, dem Jupitermond Io und dem Neptunmond Triton ist Enceladus damit der vierte Körper im Sonnensystem, auf dem tätige Vulkane beobachtet wurden.

Im September vergangenen Jahres flog Cassini unmittelbar nach einer nahen Tethyspassage in nur 500 Kilometer Abstand an der »größten Kartoffel des Sonnensystems«, dem unregelmäßig geformten Mond Hyperion (Titelbild und S. 28 unten) vorbei. Die Bilder zeigen eine bizarre Welt, die ein wenig einem gigantischen Schwamm ähnelt.

Mitte Oktober fand der erste und einzige gezielte Vorbeiflug an Dione statt, einer kraterreichen, sehr fremdartigen Welt (Bild S. 33). Ende November folgte der Mond Rhea. Dieser ist nach Phoebe, Iapetus und Dione der vierte, für dessen fotografische Erforschung wir verantwortlich sind. Zahlreiche Bilder der von Saturn abgewandten Hemisphäre, darunter auch vom Rand des jüngsten und auffälligsten, aber noch namenlosen Kraters im Saturnsystem (Bild S. 28), waren unsere Ausbeute.

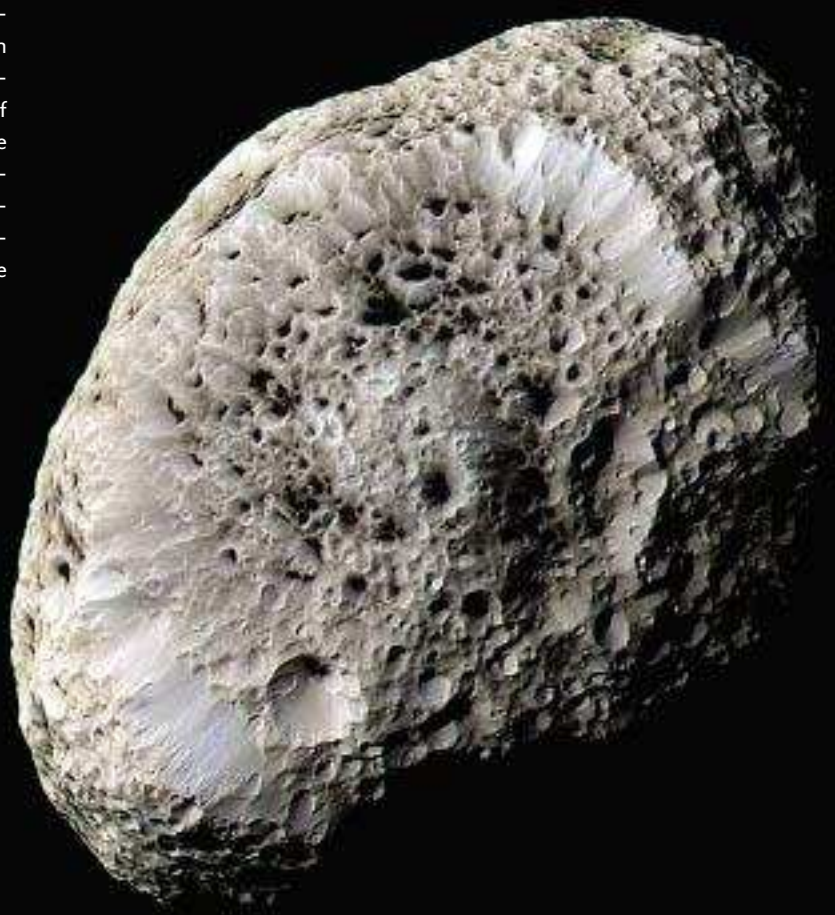
Und wie geht es weiter am Saturn? In den kommenden Monaten wird sich Cassini meist über der Nachtseite des Planeten aufhalten. Mitte 2006 verlässt die Sonde die Äquator- und Ringebene. Für Sommer 2007 stehen wieder mehrere Mondvorbeiflüge auf dem Programm, darunter der einzige gezielte an Iapetus am 10. September. <<

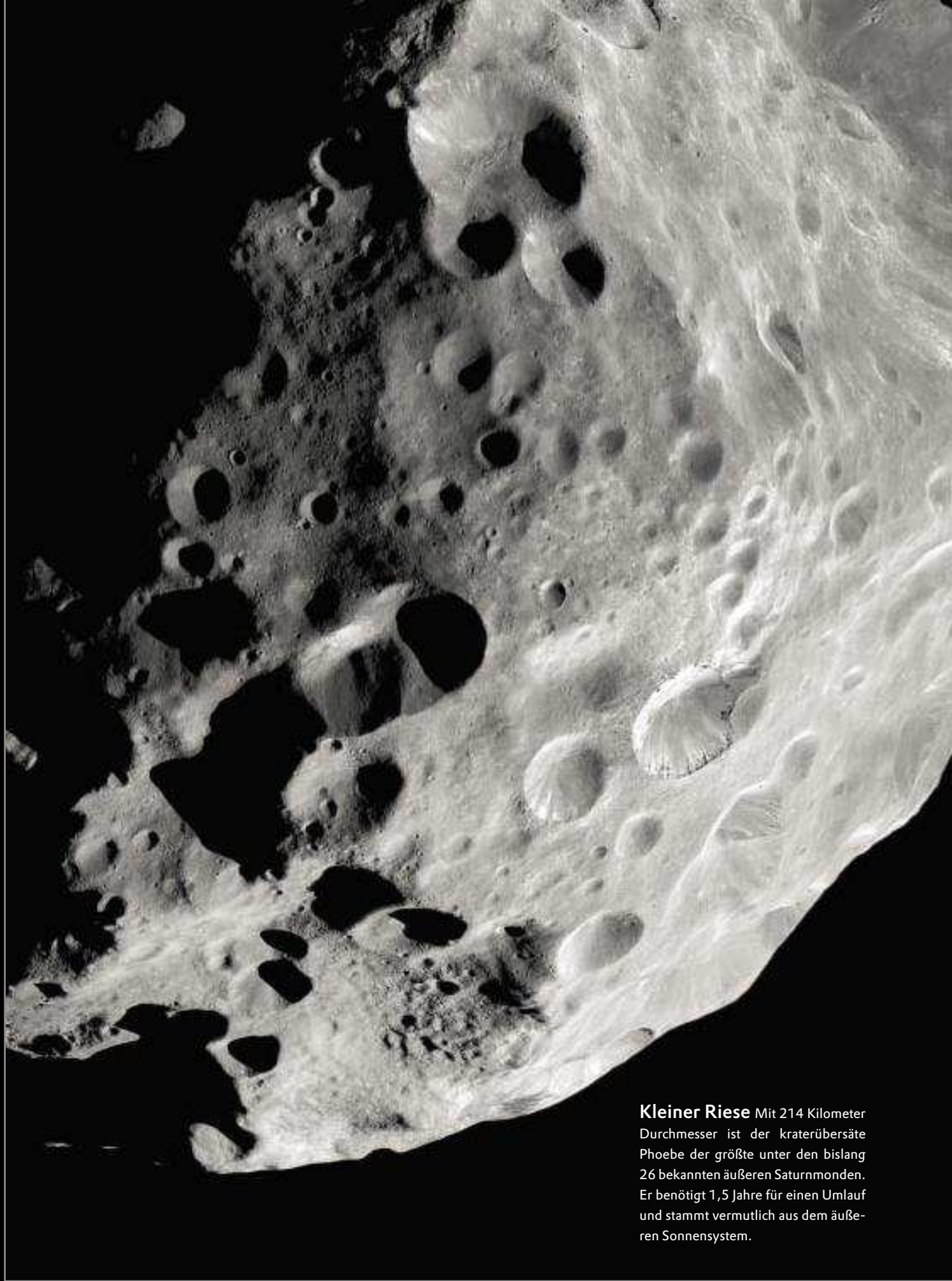
Tilmann Denk arbeitet am Geologoschen Institut der FU Berlin und ist für die Beobachtungsplanung und den Kameraeinsatz an den Monden Dione, Rhea, Iapetus und Phoebe verantwortlich.

CASSINI/HUYGENS

Mondoberflächen Auf der dem Saturn abgewandten Seite des Trabanten Rhea (linkes Bild) erkennt man den Rand eines der jüngsten und auffälligsten Krater im Saturnsystem. Hier hat vermutlich ein Komet ein vierzig Kilometer großes Loch geschlagen. Krater auf der eisigen Oberfläche des Monds Tethys zeigt das mittlere Bild. Wolken aus Methan und einen Methan-See auf Titan glauben die Forscher auf dem rechten Bild zu erkennen.

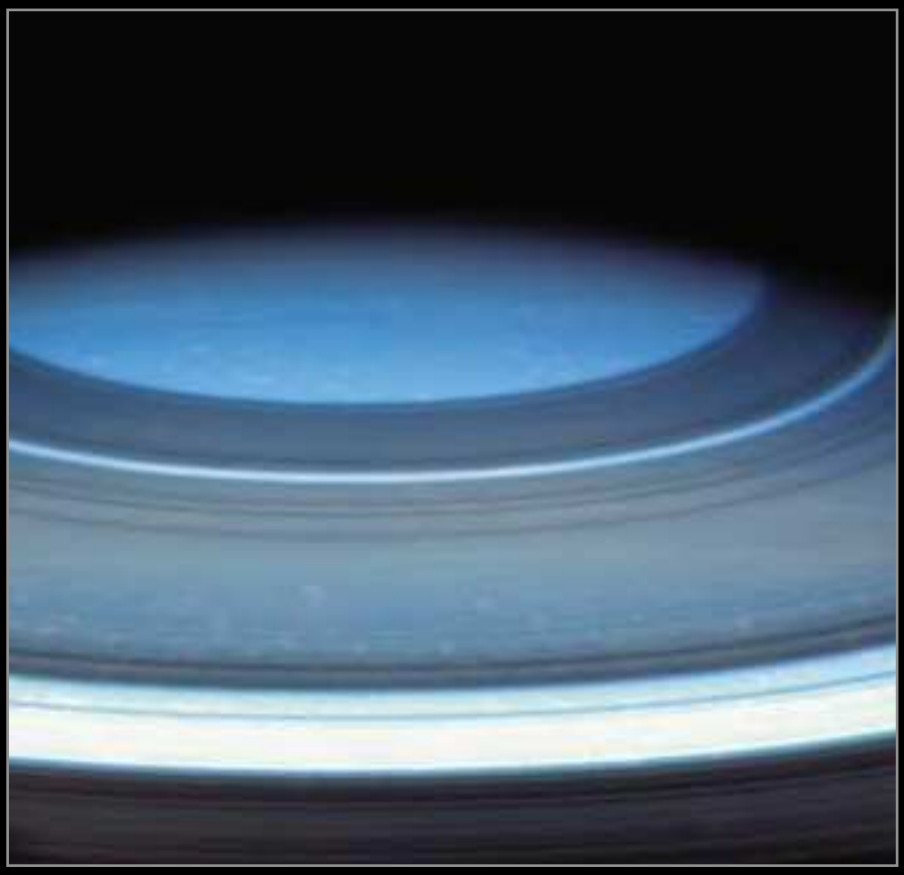
In Wirklichkeit dürfte der Saturnmond Hyperion wohl eher goldgelb bis ziegelrot leuchten. Auf diesem Falschfarbenbild von Cassini sind dagegen die zahllosen kleinen Krater auf seiner Oberfläche gut zu sehen, die dem Mond sein schwammartiges Aussehen verleihen. Die dunklen Ablagerungen in den Senken sind wahrscheinlich durch thermische Effekte entstanden.



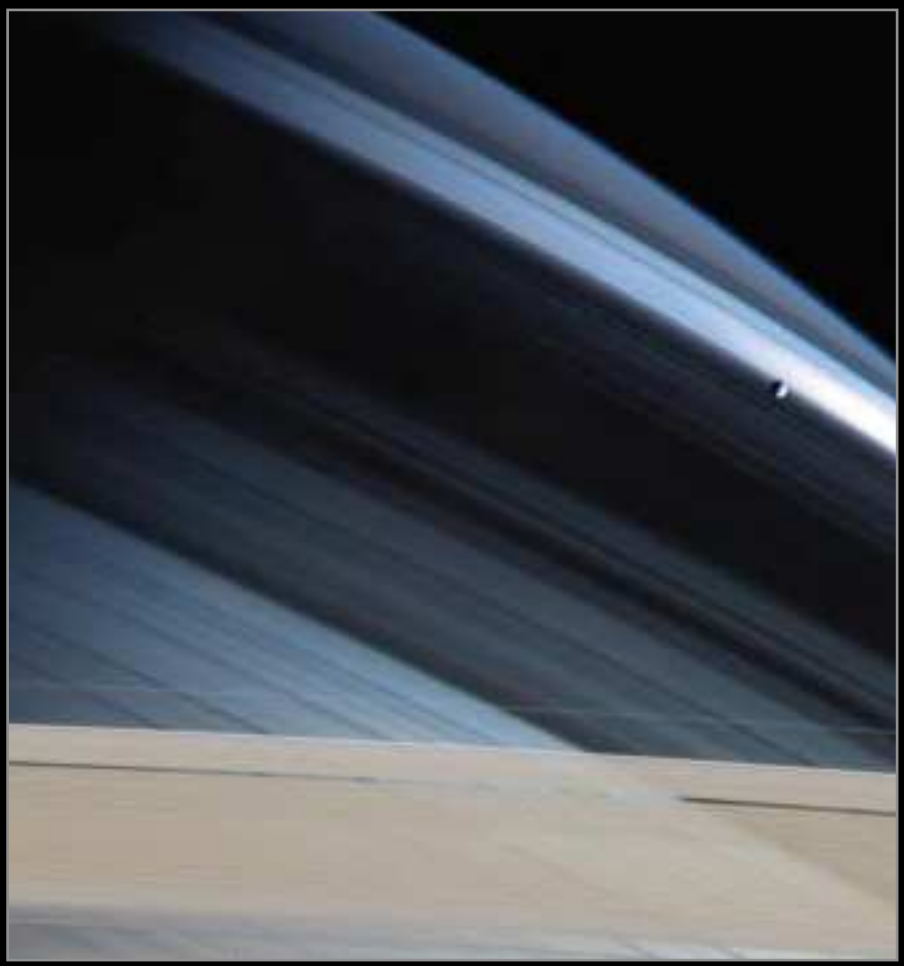


Kleiner Riese Mit 214 Kilometer Durchmesser ist der kraterübersäte Phoebe der größte unter den bislang 26 bekannten äußeren Saturnmonden. Er benötigt 1,5 Jahre für einen Umlauf und stammt vermutlich aus dem äußeren Sonnensystem.

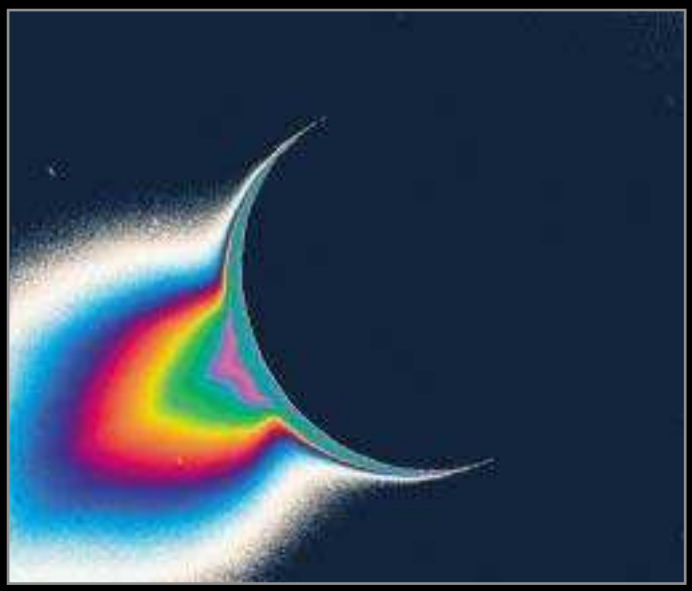
Mimas vor Saturn Vom Ringsystem gestreutes Sonnenlicht taucht die Saturnatmosphäre in ein angenehmes Blau. Die dunklen Streifen sind die Schatten des inneren Ringsystems.

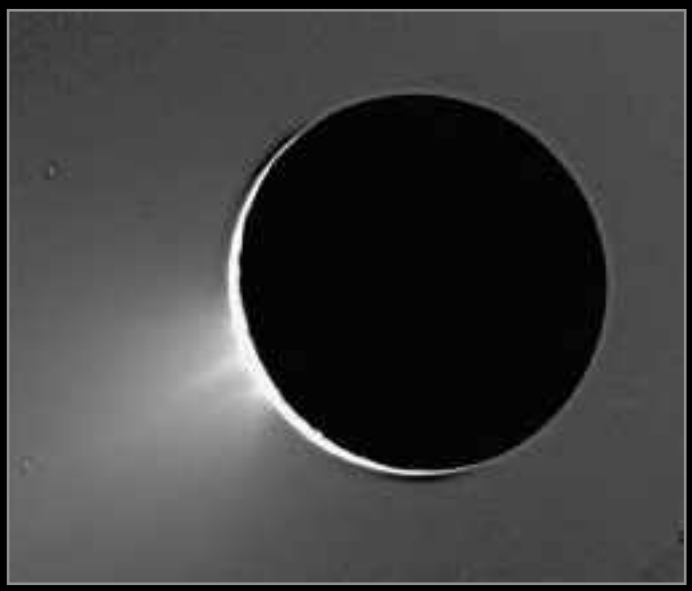


Blick auf die Ringschatten in der Nordpolregion der Saturnatmosphäre. Das Ringsystem wird hier gewissermaßen als Negativ abgebildet. So erscheint beispielsweise die Cassinische Teilung als helles, dickes Band (unten im Bild). Die Encke-Lücke dagegen ist der schmale helle Streifen in der Bildmitte.



Mimas mit Saturn und Ring Diese Aufnahme zeigt sowohl die Schatten der Ringe auf dem Planeten als auch die Ringe selbst als bräunliche Bänder im Vordergrund. Die schmale, deutlich erkennbare Lücke ist wiederum die Encke-Teilung. Das dünne, helle Band bezeichnen die Planetenforscher als F-Ring: ein Staubring in unmittelbarer Nähe zum Hauptring. Im Vordergrund schwebt der Saturnmond Mimas.





Eruptionsfontänen auf dem Saturnmond Enceladus. Auf der oberen Aufnahme ist die Partikeldichte der Fontäne in Falschfarben dargestellt. Unten dasselbe Bild in Schwarz-Weiß. Mehr als ein halbes Dutzend Eruptionsstellen konnten so entdeckt werden, die nahe dem Mondsüdpol liegen und möglicherweise mit den geologisch jungen blauen Streifen (Bild S. 26) in Zusammenhang stehen.

In ganzer Pracht und detailliert präsentiert sich das Ringsystem Saturns auf dieser Aufnahme. Links erkennt man den C-Ring (einzelne Streifen), in der Bildmitte den B-Ring (der augenscheinlich am dichtesten gepackte Ringbereich, der für Licht kaum durchlässig ist). Rechts davon folgt die Cassini-Teilung und der A-Ring mit der Encke-Lücke. Knapp vor dem Rand ist die so genannte Keeler-Lücke sichtbar.

Walnuss Der gewaltige, teils über zwanzig Kilometer hohe Bergrücken auf Iapetus verläuft exakt am Äquator. Er ist die größte bekannte Landmarke unseres Planetensystems.

Zerrissener Krater Tektonische Kräfte auf Dione haben in der Frühzeit des Monds damit begonnen, diesen Krater zu zerlegen – doch dann kamen sie zum Erliegen. Heute präsentiert sich Dione als gefrorener Eisball.

Staub in Reih und Glied

Das erste wissenschaftliche Experiment auf der ISS diente dazu, das Verhalten staubiger Plasmen zu erforschen.

>> Markus Thoma und Michael Kretschmer

Derzeit wartet die Welt neugierig auf den bevorstehenden Start des Spaceshuttles Discovery. Hier zu Lande ist die Spannung besonders groß, denn Thomas Reiter fliegt als der erste deutsche Astronaut ins All, der einige Monate auf der Internationalen Raumstation ISS bleiben soll. Reiter soll die »Expedition 13«, bestehend aus dem Kosmonauten Pawel Vinogradow und dem Astronauten Jeffrey Williams, verstärken, wodurch die ISS-Besatzung – nach langen Jahren zu zweit – wieder auf die ursprünglich vorgesehenen drei Mann aufgestockt wird.

Mit drei Astronauten auf der Raumstation, betonen offizielle Stellen, lasse sich dort endlich wieder ein umfangreicheres Wissenschaftsprogramm bewältigen. Schließlich sei die Station vor allem zu Forschungszwecken gebaut worden. Diesen Standpunkt können wir voll und ganz unterstützen, denn wir sind mit der Forschung auf der Raumstation auf besondere Weise verbunden: Unser Plasmakristall-Experiment »Nefedow« (PKE-Nefedow) war 2001 das erste wissenschaftliche Experiment auf der ISS überhaupt.

Ein Kosmos voller Plasma

PKE-Nefedow, ein Minilabor in Form einer kleinen schwarzen Tonne, hatte mehr als vier Jahre lang zum Inventar der Raumstation gehört. Es diente dort der Erforschung von komplexen Plasmen. Wir vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching hatten das Experiment zusammen mit unseren Partnern vom russischen Akademie-Institut für hohe Energiedichten (IHED) entwickelt, gebaut und betreut.

Ende Juli 2005 führte der russische Kosmonaut Sergej Krikaljev den letzten Versuch damit durch, bevor die Apparatur stillgelegt wurde.

Begonnen hatte alles Anfang 2001: Da ging PKE-Nefedow auf der ISS in Betrieb. Der Zusatz »Nefedow« im Namen erinnert an Anatoli Nefedow, den kurz vor dem Start verstorbenen Projektleiter am IHED. Von Anfang an verfolgten wir mit diesem Minilabor das Ziel, die Eigenschaften staubiger Plasmen zu erforschen. Ursprünglich hatten wir das Experiment auf der Raumstation Mir betreiben wollen.

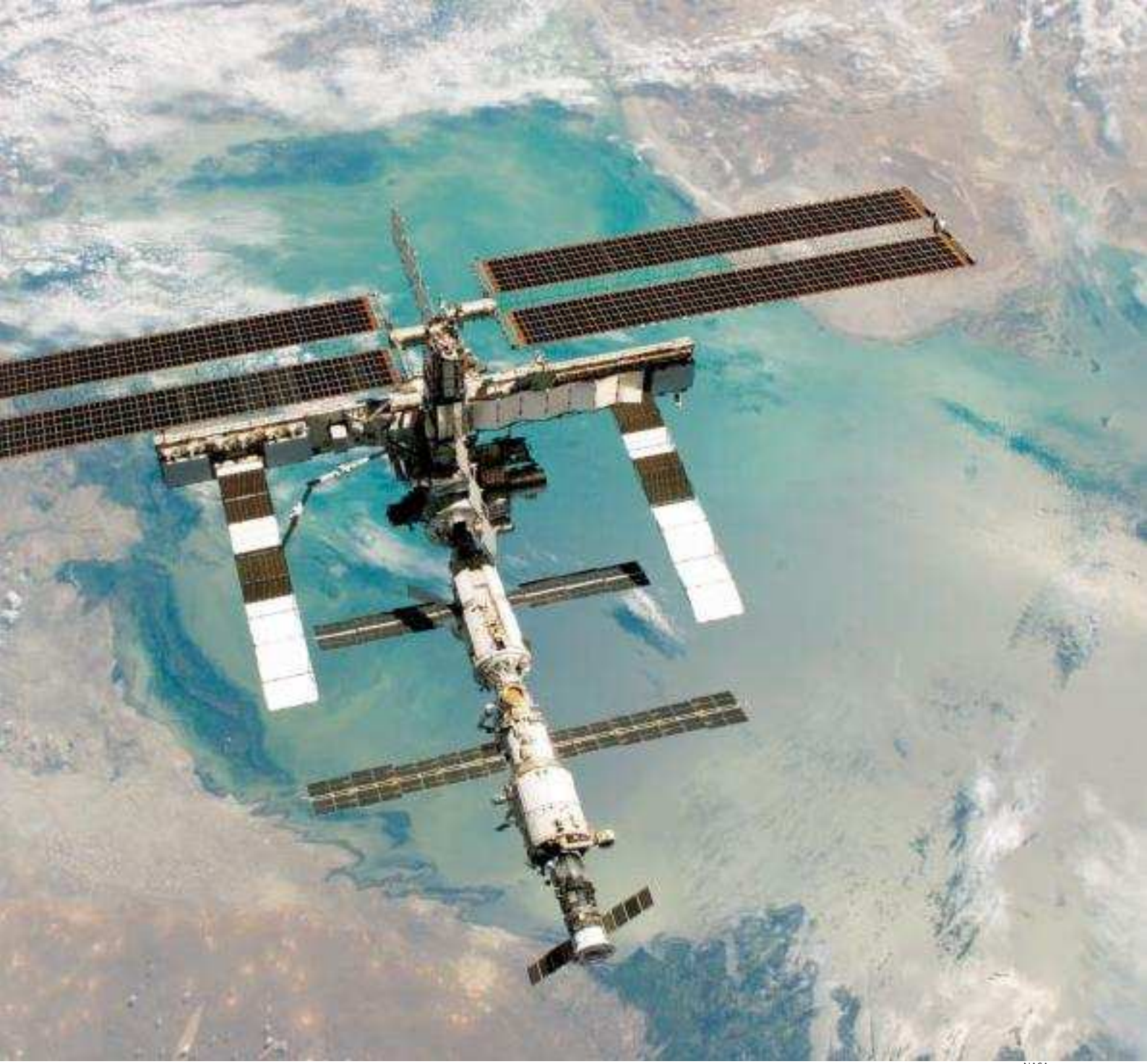
Weil die Russen die Station im Jahr 2000 jedoch aufgaben, wurde PKE-Nefedow auf die Internationale Raumstation »umgeleitet«. Somit gelangten wir zu der Ehre, das erste naturwissenschaftliche Experiment auf der ISS mit durchzuführen.

Was muss man sich unter einem staubigen Plasma vorstellen? Als Plasma bezeichnet man in der Physik ein ionisiertes Gas, dessen Atome ihre Elektronen teilweise oder ganz verloren haben. Es entsteht beispielsweise bei hohen Temperaturen oder starken elektrischen Entladungen, wenn die Atome mit derart großen Geschwindigkeiten aufeinander prallen, dass sie in positiv geladene Atomrümpfe (Ionen) und negative Elektronen aufbrechen. Ein solcher Zustand mag uns auf der Erde zunächst exotisch erscheinen, aber: Im Kosmos sind Plas-

GLOSSAR

Ein Plasma ist in der Physik ein ionisiertes Gas aus elektrisch geladenen Atomrümpfen und Elektronen. Plasmen entstehen bei hohen Temperaturen (zum Beispiel in der Sonne), elektrischen Entladungen (etwa in Neonröhren oder Blitzen) oder infolge ionisierender Strahlung wie in stellaren Emissionsnebeln (zum Beispiel: Orionnebel).

Die Atomrümpfe stoßen im Plasma sehr häufig und heftig zusammen. Dadurch erhalten sie Energie, die sie als Licht (bestimmter Wellenlängen) wieder abgeben. Im Alltag begegnen uns Plasmen beispielsweise in einer Kerzenflamme oder einer Leuchtstoffröhre.



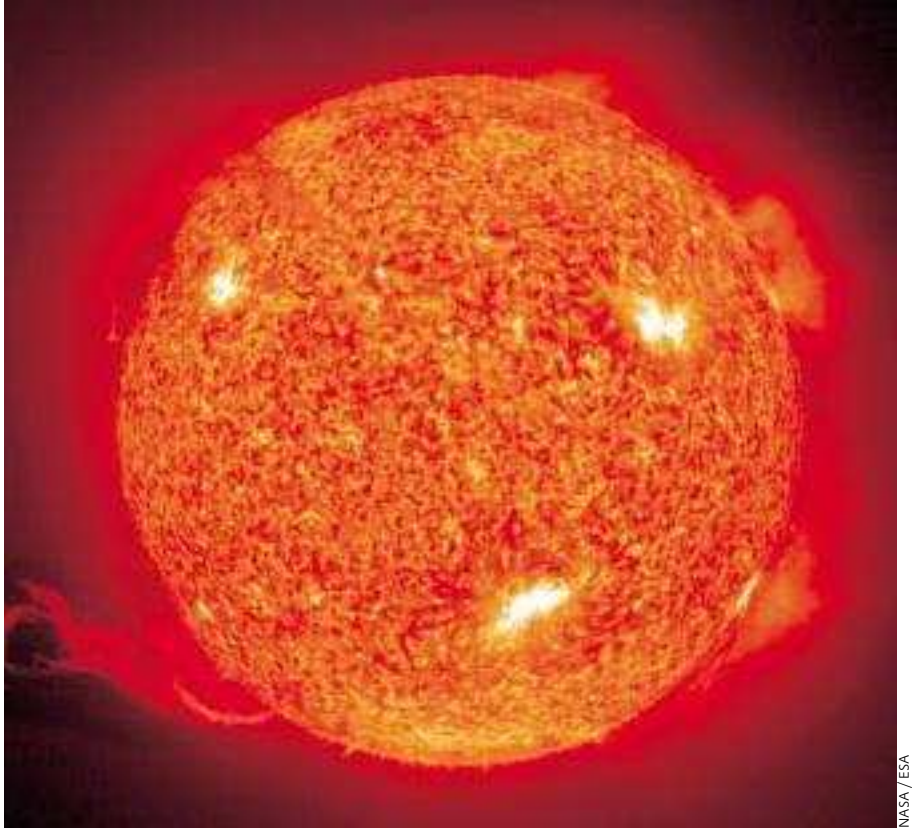
NASA

Die ISS wurde vor allem deshalb ins All gebracht, um wissenschaftliche Experimente an Bord durchzuführen. PKE-Nefedow war das erste davon.

men die Normalität. Alle Sterne, auch unsere Sonne, bestehen aus heißem Plasma. Das sind 99 Prozent der sichtbaren Materie! Physiker bezeichnen den Plasmazustand häufig als vierten Aggregatzustand der Materie – nach fest, flüssig und gasförmig.

Komplexe Plasmen, auch staubige Plasmen genannt, enthalten neben Elektronen, Atomrümpfen und neutralen Atomen zusätzlich noch mikroskopisch kleine Staubteilchen. Diese laden sich innerhalb des Plasmas elektrisch auf, weil sich die freien Elektronen auf der Oberfläche der Staubkörner anlagern. Jedes Korn kann dabei bis zu hunderttausend Elektronen »sammeln«. Die stark negative Ladung der Staubteilchen bewirkt, dass sie sich mittels der elektrostatischen Kraft, der Coulomb-Kraft, untereinander abstoßen. Hält man die Teilchen im Labor jedoch durch äußere elektrische Felder zusammen – wie wir das bei PKE-Nefedow getan haben –, so ordnen sie sich unter bestimmten Bedingungen in einer regelmäßigen Struktur an. Man spricht dann von einem Plasmakristall. Die Existenz solcher Kristalle war bereits 1986 theoretisch vorhergesagt worden. Acht Jahre später gelang es erstmals, sie herzustellen – im Rahmen eines Forschungsprojekts, an dem das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) sowie das MPE beteiligt waren.

Um einen Plasmakristall zu erzeugen, verwenden Physiker meist spezielle Kammern, in denen Edelgase – Neon oder Argon – bei niedrigem Druck mittels elektrischer Entladungen in den Plasmazustand gebracht werden. Anschließend gibt man Plastik- oder Silikatkügelchen hinzu, deren Durchmesser zwischen >



NASA / ESA

Die sichtbare Materie im All besteht zu 99 Prozent aus gewaltigen Plasmakugeln, den Sternen. Das bedeutet, dass fast die gesamte sichtbare Materie in Form des »vierten Aggregatzustands« vorliegt.

> einem und zehn Mikrometern liegt. Durch Beleuchtung mit einem Laserstrahl kann der entstehende Plasmakristall mit einer Kamera direkt beobachtet werden.

Wozu ist das gut? Zum einen interessieren sich die Forscher dafür, wie sich solche Kristalle bilden und welche Struktur sie aufweisen. Zum anderen wollen sie deren physikalische Eigenschaften kennen lernen – etwa, wie sich das Kristallgitter zum Schwingen anregen lässt oder unter welchen Bedingungen es schmilzt. Solche Untersuchungen bieten die einmalige Gelegenheit, Kristallisationsvorgänge auf der Ebene einzelner Teilchen zu untersuchen. Damit lassen sich physikalische Abläufe in Festkörpern, Flüssigkeiten und in der Plasmaphysik besser verstehen.

Allgegenwärtige Verschmutzung

Überdies gibt es im Weltraum zahllose Objekte, wo Plasmen und Staub gleichzeitig vorkommen. Dazu zählen Kometen mit ihren Plasma- und Staubschweifen, interstellare Staubwolken, die in Emissionsnebeln eingebettet sind, und Staubscheiben um junge Sterne. In diesem Zusammenhang sind auch die »Speichen« in den Saturnringen (S. 38) erwähnenswert, von denen man heute glaubt, dass es sich um staubige Plasmen handelt, die sich im Magnetfeld des Saturns ausrichten. Experimente wie das unsere können entscheidende Einblicke in das Verhalten all dieser Systeme gewähren.

Auch in der Technik spielen staubige Plasmen eine wichtige Rolle. So werden Mikrochips heute hauptsächlich im Rahmen eines Ätzverfahrens in Plasmareaktoren hergestellt. Dabei entsteht Staub, der die Oberflächen der Mikrochips kontaminieren und unbrauchbar machen kann. Es ist daher von großem Interesse, die Bildung und Zusammenlagerung der Staubkörner und ihre Wechselwirkung mit dem Plasma besser zu verstehen.

Anfangs wurden Experimente mit staubigen Plasmen auf der Erde durchgeführt. Das war nicht günstig, da die Schwerkraft dabei stört: Der Kristall ist unter irdischen Gravitationsbedingungen auf eine dünne Schicht von wenigen Millimetern oberhalb des Bodens der Plasmakammer beschränkt, in der das umgebende elektrische Feld stark genug ist, die geladenen Partikel in der Schwebe zu halten. Außerdem beeinflusst die Schwerkraft die Struktur und das Verhalten des komplexen Plasmas, sodass man verzerrte und deformierte Kristalle erhält. Präzisionsexperimente müssen deshalb unter Schwerelosigkeit durchgeführt werden.

Das hatten wir schon früher versucht, zum Beispiel mit Plasmaexperimenten an Bord von Parabelflügen (Dauer der Schwerelosigkeit zirka 20 Sekunden), auf Texus-Forschungsraketen (sechs bis acht Minuten Schwerelosigkeit) und in der Raumstation Mir (zeitlich unbegrenzte Schwerelosigkeit, aber mit sehr vereinfachter Apparatur). Erst PKE-Nefedow erlaubte es jedoch, komplexe Plasmen systematisch, detailliert und langfristig unter Schwerelosigkeit zu erforschen. Die Abwesenheit der Gravitation ermöglicht die Herstellung großer, ungestörter Kristalle und versetzte uns in die Lage, jene schwachen Kräfte zu studieren, die im Plasma auf die Mikroteilchen wirken.

MPE

Mühelos hebt Kosmonaut Sergej Krikaljew die rund fünfzig Kilogramm schwere PKE-Apparatur an einem Finger hoch – die Schwerelosigkeit macht´s möglich. Das Foto entstand an Bord der Internationalen Raumstation.

West kooperiert mit Ost

Dass die Apparatur gebaut wurde und auf die Internationale Raumstation gelangte, verdanken wir einer intensiven Zusammenarbeit von MPE und IHED. 1998 nahm das MPE den Kontakt mit dem damaligen russischen Forschungs- und Technologieminister – und jetzigen Direktor des IHED – Wladimir Fortow auf, um die Weichen für das Projekt zu stellen. Die Kooperation sah vor, dass die deutsche Seite den Experimentaufbau fertigt und liefert, während die Russen den Transport zur und den laufenden Betrieb auf der ISS übernahmen.

Mit dem Bau des Experiments, den das DLR finanzierte, beauftragten wir die Firma Kayser-Threde in München. Nach der Fertigstellung der Apparatur im Jahr 1999 und einigen Tests wurde die erste ISS-Mannschaft – bestehend aus den Russen Yuri Gidzenko und Sergej Krikaljev sowie dem Amerikaner William Shepherd – an dem Experiment ausgebildet. Am 26. Februar 2001 startete ein Progresstransporter vom Weltraumbahnhof Baikonur und brachte PKE-Nefedow auf die ISS.

Videos für die Forscher

Zur Betreuung des Experiments fuhren Wissenschaftler unserer Einrichtung zwei- bis dreimal pro Jahr ins Kontrollzentrum Korolov in Moskau. Dort programmierten sie den Computer auf der Raumstation mit jeweils aktuellen Befehlsfolgen zur Steuerung der Plasmaversuche. Der Rechner arbeitete diese dann vollautomatisch ab. Die Besatzungsmitglieder, die hierfür speziell trainiert waren und mit den Wissenschaftlern im Kontrollzentrum in Funkverbindung standen, konnten während des Versuchs einige Parameter verändern, sofern das erforderlich war – etwa den Gasdruck oder die Menge der ins Gas injizierten Partikel. Eine CCD-Kamera zeichnete Bilder und Filme von den Experimenten auf, die anschließend auf Videobändern gespeichert, beim nächsten Besatzungswechsel auf die Erde zurückgebracht und in den Instituten in Garching und Moskau ausgewertet wurden.

Bereits bei den ersten Versuchen zeigte sich eine erstaunliche Vielfalt an komplexen Phänomenen im Plasma, zum Beispiel eine scharf begrenzte partikelfreie Zone im Zentrum der Kammer. Sie kommt vermutlich dadurch zu Stande, dass in der Kammermitte die meisten Plasmaionen entstehen und anschließend von dort nach außen strömen, wobei sie die Staubteilchen mit sich reißen. Die Mechanismen, die dabei eine Rolle spielen, sind noch nicht völlig verstanden. Derzeit führen zahlreiche Forscher- >

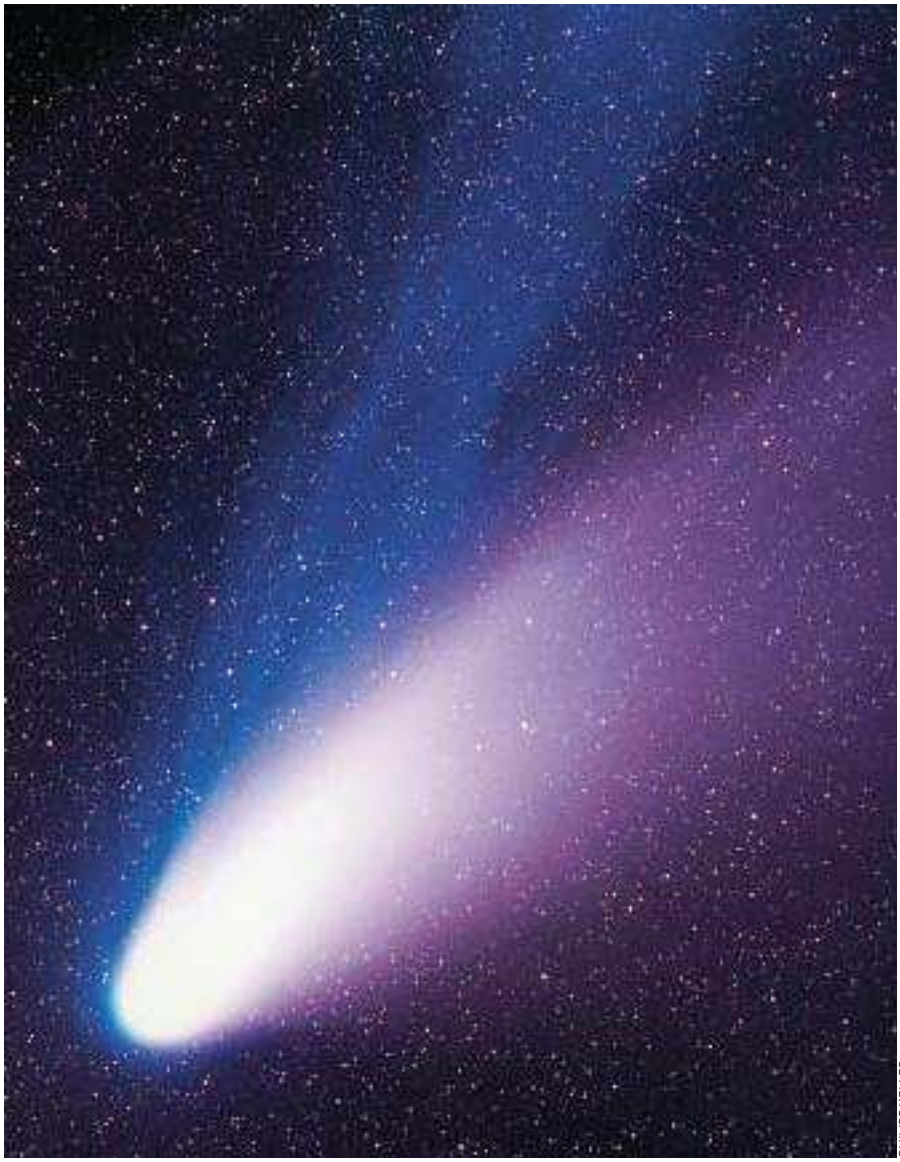
Der Aufbau des Experiments

MPE

Das Herzstück von PKE-Nefedow ist die Plasmakammer. In ihr wird mittels einer hochfrequenten Wechselspannung (zirka 14 Megahertz) ein zylinderförmiges Argonplasma mit vier Zentimeter Durchmesser und drei Zentimeter Höhe erzeugt. Die Kammer enthält Fenster zur Beobachtung der Mikroteilchen.

Ein Gassystem regelt den Druck in der Plasmakammer zunächst zwischen 0,1 und 1 Millibar ein. Anschließend werden bis zu eine Million Plastikkügelchen in das Plasma gebracht. Der Durchmesser dieser Partikel beträgt lediglich wenige Mikrometer (= millionstel Meter). Mit zwei Videokameras, die an den Teilchen gestreutes Laserlicht aufzeichnen, lassen sich diese Mikroteilchen beobachten. Gesteuert wird das Ganze von einem eingebauten Computer sowie vom irdischen Kontrollzentrum aus.

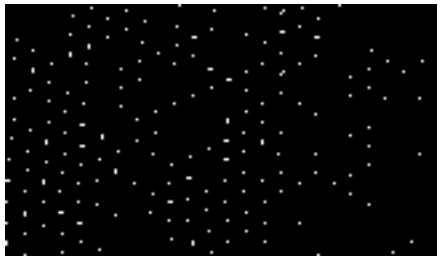
Der Experimentaufbau ist in einem tonnenförmigen Container untergebracht. Aus Platz- und Gewichtsgründen sind alle Komponenten möglichst kompakt angeordnet. Der Container schützt die ISS-Besatzung im Fall eines Unfalls vor herumfliegenden Glassplittern, die unter Schwerelosigkeit sehr unangenehm sein können.



PHILIPP KELLER

Staubige Plasmen treten im Weltall sehr häufig auf. Ein besonders schönes Beispiel sind die aus Plasma und Staub bestehenden Schweife von Kometen, die Menschen seit jeher in ihren Bann ziehen.

BEIDE FOTOS: MPE



Während eines Parabelflugs, bei dem das Plasmakristallexperiment PK-4 getestet wird, warten die Autoren dieses Artikels gespannt auf die Schwerelosigkeit (links). Plasmakristalle sehen in Videoaufnahmen häufig recht unspektakulär aus (oben), der hier gezeigte hat eine hexagonale Struktur mit 0,2 Millimeter Teilchenabstand.

> gruppen auf der ganzen Welt Laborversuche und theoretische Untersuchungen sowie Computerberechnungen durch, um die Beobachtungen zu erklären.

Ein unerwartetes, sehr interessantes Resultat ergab sich, als der Kosmonaut Juri Baturin versehentlich Mikropartikel in das Argongas innerhalb der Plasmakammer injizierte, ohne dieses vorher in den Plasmazustand zu versetzen. Da die Partikel – anders als unter irdischen Schwerkraftbedingungen – in der Kammer schwebten, war es ihnen möglich, sich frei in alle Richtungen zu bewegen. Innerhalb des Bruchteils einer Sekunde lagerten sich mehrere hunderttausend von ihnen zusammen und bildeten ein großes Agglomerat. Diese schnelle Zusammenklumpung ist nur dadurch erklärbar, dass die Teilchen sich durch Reibung elektrisch aufluden und anschließend gegenseitig anzogen. Derselbe Effekt könnte auch für die ersten Stadien bei der Bildung von Planeten in protoplanetaren Staubscheiben verantwortlich sein.

NASA, JPL / SSI

Nach wie vor nicht völlig verstanden sind die »Speichen« in den Saturnringen. Auch sie bestehen wahrscheinlich aus staubigem Plasma. Wie sie zu Stande kommen, bleibt im Detail noch zu klären.

Die Suche geht weiter

PKE-Nefedow oder ähnliche Experimente erlauben es also, die Planetenentstehung im Labor nachzustellen und auf diese Weise systematisch zu untersuchen. Erste Vorexperimente hierzu laufen bereits.

Auch nach Abschluss des letzten Versuchs mit PKE-Nefedow ist die Erforschung komplexer Plasmen auf der ISS noch längst nicht beendet. Am 21. Dezember 2005 startete das wesentlich verbesserte Nachfolgeexperiment PK3-Plus von Baikonur aus zur Raumstation und ging Mitte Januar dort in Betrieb. PK3-Plus, das ebenfalls vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt finanziert wird, dürfte in den nächsten Jahren Messergebnisse mit bislang unerreichter Präzision liefern und unbekannte Phänomene in komplexen Plasmen enthüllen. Ob PKE-Nefedow mit einem späteren Shuttleflug zur Erde zurückgebracht wird oder als Abfall in einem Progress-Transporter in der Erdatmosphäre verglüht, haben die Verantwortlichen bisher noch nicht entschieden.

Darüber hinaus arbeitet das MPE zusammen mit dem IHED an einer neuen Plasmakammer mit dem Namen PK-4. Sie besteht aus einer Glasröhre und soll helfen, die Strömungen in komplexen Plasmen zu untersuchen. Unter bestimmten Bedingungen verhalten sich Staubteilchen in komplexen Plasmen nämlich wie eine Flüssigkeit, was dazu genutzt werden kann, physikalische Prozesse in Strömungen zu untersuchen. PK-4 wird von Esa und DLR unterstützt und könnte 2008 auf die Raumstation kommen. Es gab bereits mehrere Parabelflugtests mit dieser neuen Apparatur, an denen auch wir mit Begeisterung teilnahmen (oben).

Schließlich überprüft die Esa zusammen mit mehreren europäischen Instituten, ob sich ein Langzeitlabor auf der Raumstation realisieren lässt, das der Erforschung komplexer Plasmen dient. Dieses Labor mit dem Namen International Microgravity Plasma Facility (IMPF) könnte innerhalb des europäischen Weltraumlabors Columbus untergebracht werden. Ob und wann das passiert, steht allerdings in den Sternen. Der derzeitige Zustand der Shuttleflotte lässt es höchst ungewiss erscheinen, ob das Columbus-Labor jemals zur Raumstation transportiert werden wird. <<

Markus Thoma und **Michael Kretschmer** forschen am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching: Thoma ist leitender Projektwissenschaftler, Kretschmer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter bei dem PK-4-Experiment.

Dome auf dem Mond?

Schildvulkane auf dem Mond und auf der Erde sind gar nicht so unterschiedlich, wie man denkt.

>> Charles A. Wood

Die Beobachtung mit dem Teleskop ist nicht nur eine intellektuelle Herausforderung. Denn immer dann, wenn wir ein neues Objekt auf dem Mond entdecken, schüttet unser Körper Endorphine aus, die wahre Glücksgefühle auslösen. Das gilt besonders für die so genannten Dome auf dem Mond. Das sind kleine Erhebungen in den glatten Ebenen der Mondmaria, die einen Durchmesser von wenigen Kilometern besitzen und nur einige hundert Meter hoch sind. Da diese Gebilde ziemlich flach sind, werfen sie nur einen relativ kurzen Schatten, was ihre Beobachtung erschwert. Es sei denn, sie liegen in der Nähe der Tag-Nacht-Grenze: des Terminators.

BROWN U., NASA NORTHEAST REGIONAL PLANETARY DATA CENTER

Nördlich des Kraters Hortensius (in der Bildmitte) sind auf diesem Lunar-Orbiter-Bild mindestens sechs Mond-Dome zu erkennen. Achten Sie auf die flachen Erhebungen mit den kleinen Kratern obendrauf (gelbe Pfeile).

Einer der Dome, die sehr leicht zu finden sind, ist Kies Pi mit einem Durchmesser von elf Kilometern. Er liegt im Mare Nubium westlich des 44 Kilometer großen und von Lava überfluteten Kraters Kies. Messungen seiner Schattenlänge ergaben, dass der Dom etwa 150 Meter hoch ist. Bei sehr guten Beobachtungsbedingungen und exzellenter Fernrohroptik können Sie möglicherweise auch seinen gerade mal 1,3 Kilometer kleinen Gipfelkrater erkennen.

Einzelne Dome wie Kies Pi kommen nur selten vor, denn meist treten sie in Gruppen auf. Die Gegend zwischen den Kratern Hortensius und Tobias Mayer (westlich von Kopernikus) enthält sehr viele von ihnen. Nördlich des 15 Kilometer großen Kraters Hortensius stößt man beispielsweise auf eine Gruppe von sechs Domen mit Durchmessern zwischen sechs und zehn Kilometern. Fünf von ihnen besitzen einen Gipfelkrater von etwa 1,5 Kilometer Durchmesser. Der sechste hat keinen Gipfelkrater und seine Hänge fallen sanfter ab als bei den anderen fünf.

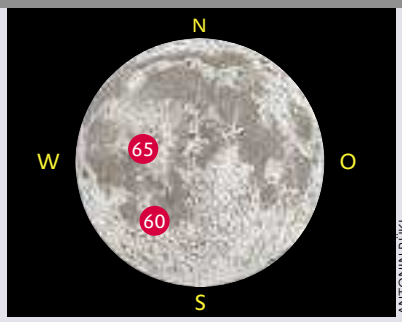
Dome gehören zu den wenigen Mondformationen, deren Entstehung von Anfang an richtig interpretiert wurde. Vor hundert Jahren erkannte der Astronom William Pickering vom Harvard College, dass es sich bei ihnen um kleine Vulkane aus Asche und Lava handelt, die sich um einen zentralen Schlot aufgebaut haben. Vulkanische Dome auf der Erde haben etwa dieselbe Form und Größe. Auf Island, Hawaii, in der Snake River Plain in Idaho und an vielen anderen Orten der Erde gab es Ausbrüche flüssiger Lava, die einige Monate bis Jahre anhielten. Weil das Magma hauptsächlich als Lava und weniger als Asche aus dem Innern austrat, floss es aus den Schloten langsam nach außen und baute so allmählich flache Hügel auf, die wir als Schildvulkane bezeichnen. Auf der Erde sind diese meist kleiner als zehn Kilometer im Durchmesser, einige hundert Meter hoch, und ihre Abhänge haben Steigungen zwischen einem und acht Grad.

Schildvulkane auf Mars und Venus

Aber es gibt auch viel größere Exemplare – insbesondere auf dem Mars und der Venus. Diese gewaltigen Vulkane entstanden auf dieselbe Art und Weise wie ihre kleineren Verwandten, doch floss die Lava hier Millionen Jahre lang und konnte so ein wesentlich größeres Volumen aufbauen.

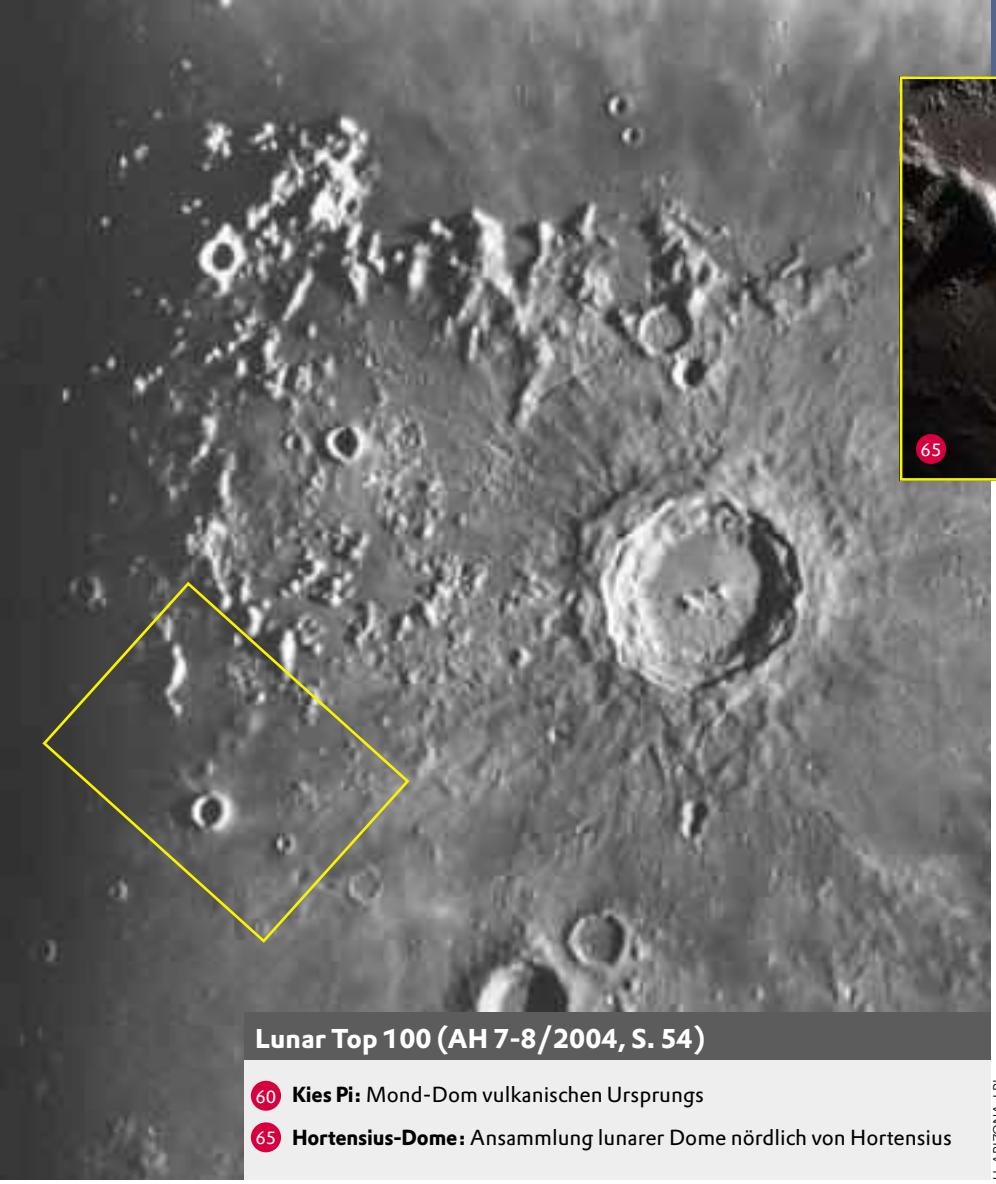
Wir haben die kleinen Schildvulkane aber noch nicht vollständig verstanden. Warum baut sich die Lava kreisrund zu einem symmetrischen Schild auf, statt in einem langen Strom bergab zu fließen?

So finden Sie die Mond-Dome



ANTONIN RÜKL

Günstige Beobachtungszeiten für Kies Pi: 22. 2. und 9. 3. 2006; für Hortensius: 8. 2., 22. 2. und 9. 3. 2006.



Lunar Top 100 (AH 7-8/2004, S. 54)

60 **Kies Pi:** Mond-Dom vulkanischen Ursprungs

65 **Hortensius-Dome:** Ansammlung lunarer Dome nördlich von Hortensius

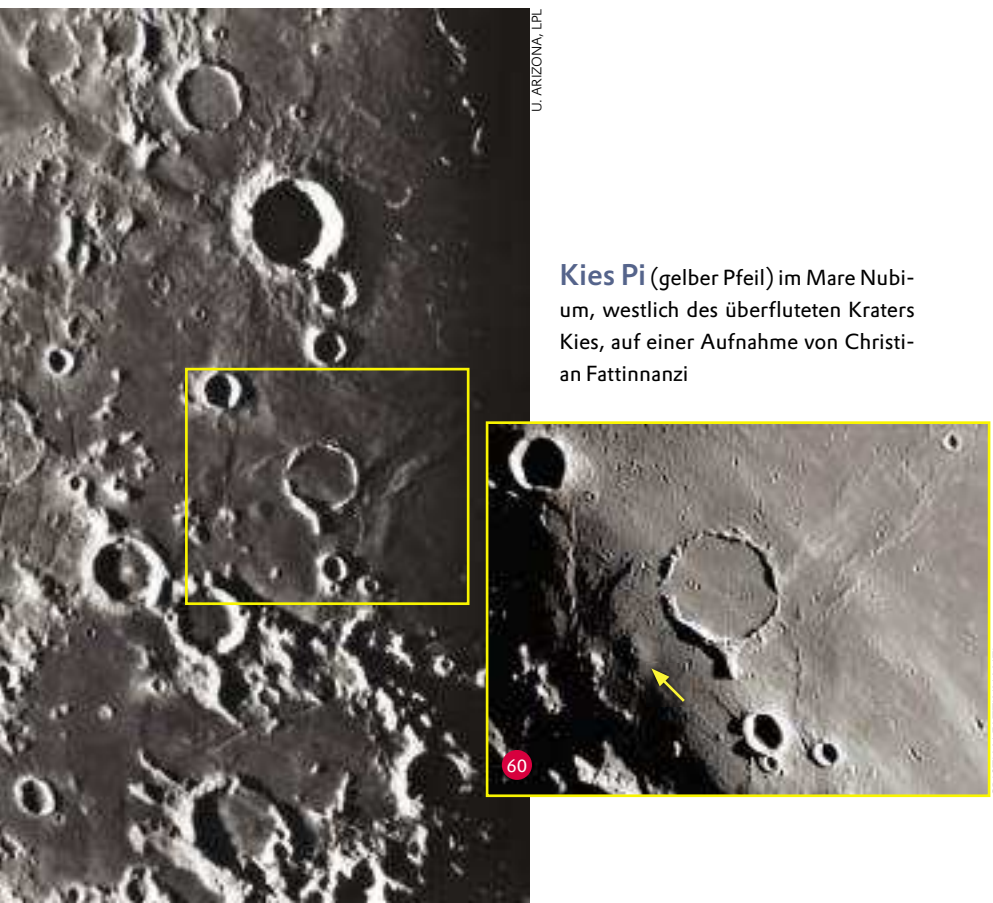
U. ARIZONA, LPL

MIKE WIRTHS

Das Feld mit Mond-Domen nördlich des Kraters Hortensius aus einer anderen Perspektive

Die Antwort hängt wahrscheinlich von der Neigung des umgebenden Geländes und der Menge der ausfließenden Lava ab. Kleine Schildvulkane findet man vorwiegend auf flachen Vulkanebenen. Sie entstanden aus Hunderten einzelner Lavaflüsse, deren mittlere Länge kürzer als der Radius des Schilds war. Die Flusslänge hängt dabei von der Frequenz der Ausbrüche ab. Bei den kleinen Schildvulkanen, die nur ein Volumen von zehn bis zwanzig Kubikkilometern besitzen, war diese Rate nicht besonders groß, sondern betrug etwa zehnmal so viel wie das Volumen eines typischen Lavaflusses oder eines Schlackekegels.

Ist der Vulkanismus auf dem Mond überhaupt mit dem auf der Erde vergleichbar? Die Schildvulkane auf dem Mond sind wie ihre irdischen Gegenstücke in ziemlich ebenem Terrain entstanden. Sie haben sich also vorwiegend an den Rändern der Maria gebildet – dort, wo die Lavaschichten relativ dünn waren. Da die Dome bei den Kratern Kies und Hortensius irdischen Schildvulkanen so ähnlich sind, können wir schließen, dass sie das gleiche Volumen und die gleiche Ausbruchscharakteristik aufweisen wie ihre irdischen Pendants. Wenn Sie sich also immer gefragt haben, wie es wäre, über einen Mond-Dom zu wandern, so machen Sie doch einfach mal einen Ausflug zu den Schildvulkanen in Ihrer Umgebung. <<



U. ARIZONA, LPL

Kies Pi (gelber Pfeil) im Mare Nubium, westlich des überfluteten Kraters Kies, auf einer Aufnahme von Christian Fattinnanzi

CRISTIAN FATTINNANZI

Charles A. Wood ist der Autor des Buchs »The Modern Moon: A Personal View« und der »Lunar 100 Card«. Er betreut folgende Webseiten: Chuck Wood's Moon (http://cwm.lpod.org) und The Lunar Photo of the Day (www.lpod.org).

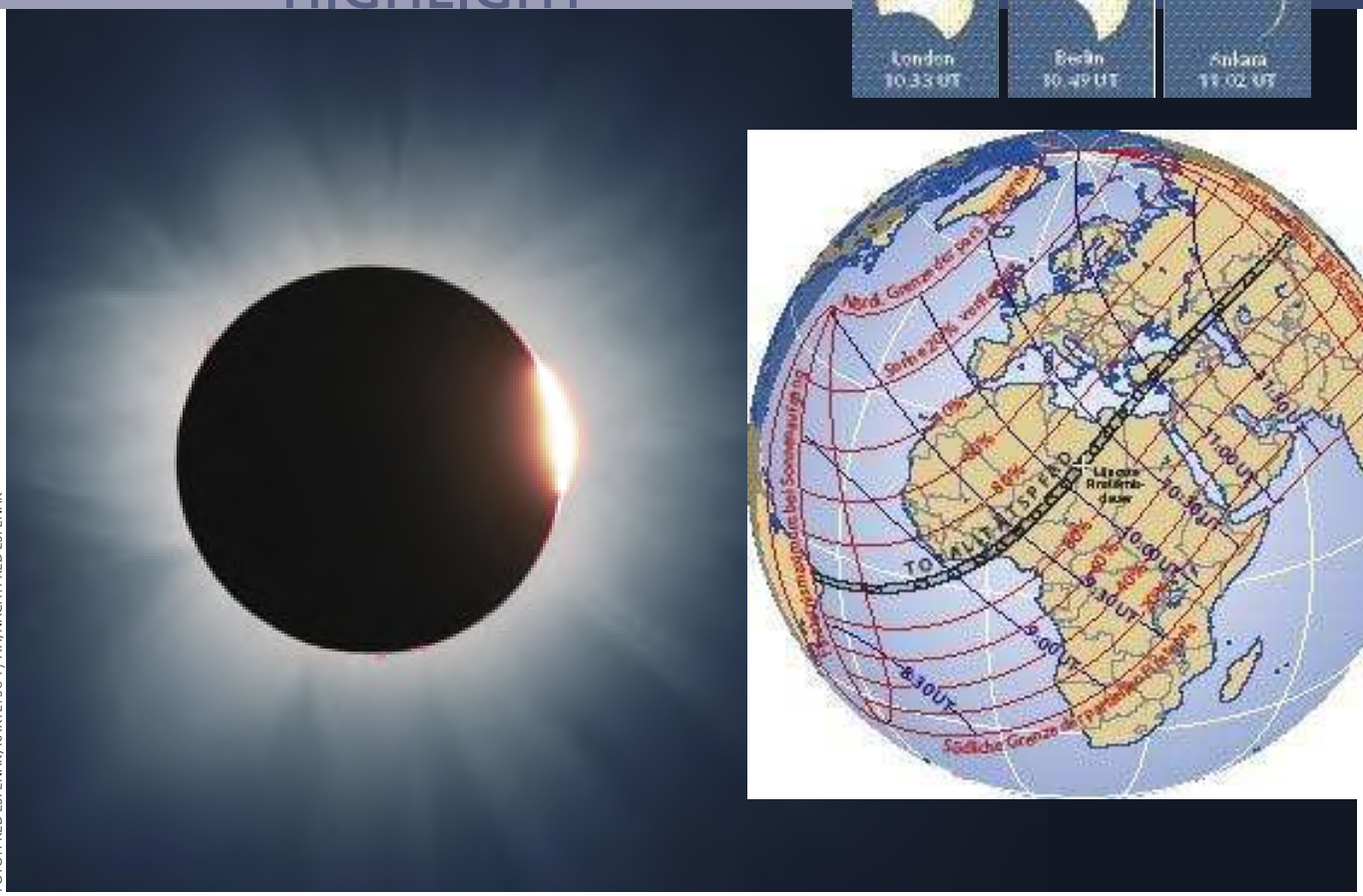


FOTO: FRED ESPENAK; KARTE: S & T / AH, NACH: FRED ESPENAK

Die schwarze Sonne

Rückkehr des Lichts Nach rund dreieinhalb Minuten völliger Finsternis zeigt sich die Sonne wieder. Das Foto wurde 2001 von Afrika aus aufgenommen, welches auch diesmal – wie der Globus zeigt – in den Genuss des Spektakels kommt.

Der Totalitätspfad verläuft durchs westliche Afrika und durch Vorderasien. In Mitteleuropa ist die Finsternis partiell – wie schon am 3. Oktober 2005. **>> Fred Espenak und Jay Anderson**

Von allen Ereignissen am Himmel ist eine totale Sonnenfinsternis wohl das eindrucksvollste: Die schwarze Mondscheibe bedeckt das helle Sonnenrund und die Umgebung wird ins düstere Dämmerlicht des Mondschattens getaucht. In den kurzen Minuten der Totalität wird die herrliche Sonnenkorona sichtbar, um bei Rückkehr des Tageslichts ebenso schnell wieder zu verschwinden.

Die teils ringförmige, teils totale Finsternis vom 8. April des vergangenen Jahres war nur von der anderen Seite der Erde aus zu sehen (AH April 2005, S. 32). Lediglich 1500 Menschen an Bord dreier Kreuzfahrtschiffe im Südpazifik konnten die völlige Verfinsterung bestaunen. Sie dauerte kaum länger als dreißig Sekunden. Sonnenfinsternisjäger auf der ganzen Welt fiebern nun der bevorstehenden neuerlichen Aufreihung von Sonne, Mond und Erde entgegen.

Der Pfad der Totalität

Am Mittwoch, dem 29. März 2006 wandert der dunkle Kernschatten des Monds, Umbra genannt, rasend schnell über unseren Heimatplaneten. Sein Umriss zieht dabei einen 14 500 Kilometer langen Streifen, der in seiner Breite zwischen 126 und 189 Kilometern schwankt. Auch wenn dieses enge Gebiet nur 0,4 Prozent der gesamten Erdoberfläche umfasst – diejenigen, die das Glück haben, sich darin zu befinden, können beobachten, wie die Sonne etwas mehr als vier Minuten lang komplett verdunkelt wird. Der Schatten beginnt seine dreistündige, überschallschnelle Wanderung auf der Erdoberfläche bei Sonnenaufgang im Osten Brasiliens um 8.36 Uhr Weltzeit (UT), also 10.36 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit. Auf der zentralen Linie der Finsternisbahn dauert die Totalität hier 1 Minute und 53 Sekunden. Der Schatten eilt ostwärts, lässt Südamerika hinter sich und überquert eine halbe Stunde lang den Atlantischen Ozean (Grafik oben).

Kurz nach seiner Äquatortaufe erreicht der Mondschatten Afrika. Um 9.08 Uhr Weltzeit trifft er auf die Küste Ghanas. Die Totalität dauert hier bereits dreieinhalb Minuten, die Sonne steht 44 Grad über dem Osthorizont. Die fast zwei Millionen Einwohner von Ghanas Hauptstadt Accra, etwa fünfzig Kilometer südlich der zentralen Linie, werden die Finsternis 2 Minuten und 58 Sekunden lang erleben.

Mit Überschallgeschwindigkeit durch die Sahara

Besonders lange dauert die Finsternis in recht unzugänglichen Gebieten unseres Planeten: Das Maximum wird in Libyen erreicht, kurz hinter der Grenze zum Tschad. Nur in einem kleinen Zipfel Westägyptens ist die Eklipse total.

Wenn die Umbra über Nigeria hinweggezogen ist, erreicht sie um 9.37 Uhr UT Niger. Die Totalitätsdauer auf der Zentrallinie beträgt hier 3 Minuten 54 Sekunden, die Sonnenhöhe 60 Grad. Während der nächsten Stunde überstreicht der Schatten einige der abgelegensten und trostlosesten Landstriche der Erde. Am längsten dauert die Finsternis in Südlibyen ab 10.11 Uhr Weltzeit (Grafik oben), wenn die Achse des Mondschattens dem Erdzentrum am nächsten ist und die Dauer der Totalität mit 4 Minuten 7 Sekunden ihr Maximum erreicht. Die Sonne steht 67 Grad hoch und die Breite des Pfads beträgt 184 Kilometer.

Auf ihrem Weg nach Nordosten erreicht die Umbra um 10.40 Uhr UT die Mittelmeerküste. An der Grenze zwischen Libyen und Ägypten können Beobachter mit einer Dauer von 3 Minuten 58 Sekunden rechnen.

Ab 10.54 Uhr UT ist die Südtürkei an der Reihe. Die Küstenstadt Antalya mit annähernd einer Dreiviertelmillion Einwohnern liegt fünfzig Kilometer nordwestlich der Zentrallinie (Karte unten). Daher ist die Finsternis hier mit 3 Minuten und 11 Sekunden merklich kürzer. Diejenigen, die bis zu dieser Linie fahren, gewinnen 35 Sekunden.

Der Schatten überquert das zentraltürkische Bergland und schneidet den Pfad der in Süddeutschland noch wohlbekannten Sofi vom 11. August 1999. Eine Viertelmillion Menschen in Sivas erhält nach knapp sieben Jahren die zweite Gelegenheit, eine totale Finsternis zu beobachten.

Nachdem er die Türkei durchzogen hat, erreicht der Schatten um 11.10 Uhr UT das Schwarze Meer. Er durchquert Georgien und den Kaukasus, zieht weiter in Richtung Russland, verfinstert das nördliche Ende des Kaspischen Meers und huscht über Kasachstan hinweg. Um 11.30 Uhr UT ist hier die Sonne auf eine Höhe von 32 Grad gesunken und die Dauer in der zentralen Zone auf 2 Minuten und 57 Sekunden zurückgegangen.

Auf seinem Weg durch Kasachstan wird der Schatten immer schneller, bevor er in der Mongolei um 11.48 Uhr UT die Erdoberfläche verlässt.

Wo spielt das Wetter mit?

Von März bis April herrscht auf dem Sonnenfinsternisstreifen eine wechselhafte Witterung. In den subtropischen Gebieten nähert sich der Höhepunkt der niederschlagsreichen Saison und in der gemäßigten Zone haben sich die Winterstürme noch nicht zu Gunsten des sonnigen Klimas gelegt. In Westafrika hat die sommerliche Regenzeit an den Küsten Togos, Benins, Ghanas und Nigerias begonnen und dringt nach und nach ins nördliche Binnenland vor. Nachmittägliche Schauer und Gewitter gehören zum Alltag. Da die Sonnenfinsternis hier am Morgen eintritt, dürfte die Wolkendecke noch nicht so dick sein wie am Nachmittag Auf Grund der Abkühlung durch den heranrückenden Mondschatten werden sich kleinere Wolken wohl auflösen.

Im Norden Nigerias, wo die Regenzeit noch nicht begonnen hat, zeigt sich die Sonne länger: In Kaduna (Nigeria) und Zinder (Niger) liegt die tagesdurchschnittliche Wolkenbedeckung bei dreißig Prozent (Karte auf der nächsten Seite). In Bilma, das weiter im Norden und mitten in der Sahara liegt, sinkt der Wert fast auf zwanzig Prozent.

Aber auch im trockenen Süden der Sahara ist man nicht gegen Wetterprobleme gefeit: Neben gelegentlichen Wolken kann auch Staub, sowohl in tieferen als auch in höheren Schichten der Atmosphäre, den Blick trüben. Gerade in Atlantiknähe sorgt er für pastellfarbene Schleier vor dem Azur. Die Hauptquelle des >

Wie schon im Jahr 1999 zieht der Mondschatten über die Türkei hinweg. Gut zu erreichen sind einige der Touristenhochburgen an der türkischen Riviera.

S & T / AH, NACH: JAY ANDERSON

Und jetzt: das Wetter Nichts ist schlimmer, als wenn die Korona hinter dichten Wolken verborgen bleibt. Die Karte zeigt die Bedeckungswahrscheinlichkeit in Prozent.

> Staubs liegt weiter im Inland, besonders um den Oasenort Bilma im Niger, und bei typischen Windgeschwindigkeiten von dreißig Kilometern pro Stunde bilden sich leicht Sandstürme.

Entlang der Mittelmeerküsten Libyens und Ägyptens ist die Luft trocken, wenn der Wind von Süden kommt, und feucht, wenn er aus dem Norden weht. Die besten Standorte, um diese Sonnenfinsternis zu beobachten, sind unseren Analysen nach Jalu in der libyschen Wüste und Salum an der ägyptischen Küste. Salum ist meist stärker von der Bewölkung und den Luftbewegungen der Tiefdruckgebiete betroffen, während in Jalu mehr Sonnenschein und weniger Staubstürme zu erwarten sind. Diese beiden Orte und die umliegenden Gebiete bieten mit 75 bis 80 Prozent Sonnenscheinwahrscheinlichkeit am Stichtag die besten Bedingungen, um die Finsternis zu beobachten.

Jalu und die libyschen Gebiete auf der zentralen Linie in der Nähe von Tobruk (Tubruq) liegen in einer mit Kies und Sand bedeckten Ebene, die über die Jahrhunderte durch den Wind glatt geschliffen worden ist. Die Luft strömt also weit gehend ungehindert darüber hinweg, daher sollten schlechte Sicht und Sand in der Fotoausrüstung ausbleiben. In Salum, wo Menschen die ursprüngliche Silhouette des Geländes veränderten, hat der Wind mehr Angriffsfläche und kann ab einer Geschwindigkeit von dreißig Stundenkilometern Staub und Sand vom Boden aufwirbeln und davonwehen. Klimastatistiken für Salum weisen aus, dass im März an rund jedem fünften Tag staubige Winde vorherrschen, die die Sicht teilweise stark einschränken. Nach unseren Erfahrungen mit Staubstürmen können Details einer Sonnenfinsternis noch beobachtet werden, solange die Sichtweite drei Kilometer nicht unterschreitet. Beträgt sie dagegen dreihundert Meter oder weniger, wird es schwierig, überhaupt noch etwas zu erkennen.

Nordöstlich des Mittelmeers trifft der Mondschatten auf eine Region, in der die Wolkenwahrscheinlichkeit deutlich höher ist und in der die Frühlingsstürme Regen und Schnee mit sich bringen können. Für Antalya prophezeien die Klimastatistiken durchschnittlich vierzig Prozent Bedeckung für den März. In der Hauptstadt Ankara in der Zentraltürkei sind es schon fünfzig Prozent und in Sivas am Schwarzen Meer fast sechzig.

Über dem Schwarzen Meer und in Georgien und Russland ist es durchschnittlich zu 65 bis 70 Prozent bewölkt. Auf Grund der rauen und bergigen Landschaft verstärkt sich die Tendenz zur Entwicklung einer durchgängigen Wolkendecke noch.

Hat der Mondschatten das Kaspische Meer hinter sich gelassen, strebt er in Richtung kasachische Steppe. Hier breitet sich schon wieder die Kühle der Nacht aus, die das Quecksilber auf Werte um den Gefrierpunkt drückt. Für die Beobachtung ist das vorteilhaft, denn durch die eisige Kälte wird die Feuchtigkeit gebunden, die sonst zur Bildung von Wolken führen würde, und die Aussichten auf klare Sicht steigen. In Zahlen ausgedrückt: Die Bedeckungswahrscheinlichkeit liegt hier um vierzig Prozent.

Sie sehen – es ist wie immer mit dem Wetter: Garantien gibt es keine, Sie müssen einfach die Wahrscheinlichkeiten gegeneinander abwägen und zusätzliche Faktoren wie Dauer der Finsternis, Reisebedingungen und -kosten berücksichtigen und dann einen für Sie optimalen Kompromiss finden.

Versuchen Sie, an Ihrem Reiseziel so mobil wie möglich zu bleiben, und achten Sie auf das örtliche Wetter. Wenn Sie Satellitenbilder im Internet herunterladen und in der Lage sind, Ihren Standort notfalls auch kurzfristig zu wechseln, haben Sie vermutlich gute Chancen.

Bitte recht freundlich!

Geben Sie Acht, dass Sie vor lauter Beschäftigung mit der Technik und der Fotografie nicht vergessen, die Sonnenfinsternis mit eigenen Augen zu beobachten. Sie dauert relativ lange, also nehmen Sie sich die Zeit, um sie zu genießen. Sie werden vor dem 1. August 2008 keine Chance mehr haben, den Mondschatten zu erleben: Die nächste Finsternis ist über der Arktis, in Sibirien und in der Wüste Gobi zu sehen, und sie wird nur halb so lange dauern. <<

Wenn er nicht gerade dem Mondschatten hinterherjagt, betreut **Fred Espenak**, Astronom bei der Nasa, die Sonnenfinsternis-Website http://sunearth.gscf.nasa.gov/eclipse und die Website www.mreclipse.com.

Der Meteorologe **Jay Anderson** beschäftigt sich mit Wettervorhersagen für Sonnenfinsternisse und überzeugt sich gerne persönlich von ihrem Zutreffen.

Tour zur Sofi nach Ägypten

In Zusammenarbeit mit Ikarus Tours bietet ASTRONOMIE HEUTE eine Expedition zur Sonnenfinsternis an. Erleben Sie die Faszination Ägyptens auf einer Rundreise vom 27. 3. bis 3. 4. 2006 und beobachten Sie das Himmelsspektakel unter fachkundiger Führung direkt auf der Zentrallinie nahe der ägyptisch-libyschen Grenze! Weitere Informationen als PDF-Download unter www.wissenschaft-online.de/spektrum/pdf/Aegypten_Sofi.pdf und telefonisch bei Ikarus Tours, 06174 29020.

FELDSTECHERTIPP

Mars mit grandiosem Finale

Zum Abschluss der Marssaison (AH 10/2005, S. 38) bietet der Rote Planet noch einmal ein besonderes Schauspiel und stattet im Sternbild Stier dem offenen Sternhaufen der Plejaden, auch als Sieben Schwestern oder M45 bekannt, einen Besuch ab. Am 17. Februar zieht der Mars leuchtend rot nur etwa zweieinhalb Grad südlich des Siebengestirns vorbei.

In der griechischen Mythologie waren die Plejaden die Töchter von Atlas und Pleone: Alkyone, Asterope, Celaeno, Electra, Merope, Maja und Taygeta. Die hellsten Sonnen der Sternansammlung sind bis heute nach den Familienmitgliedern benannt und scheinen so hell, dass sie sogar aus der Stadt heraus als nebliger Fleck zu sehen sind. In der Helligkeitsrangfolge steht Papa Atlas gleich nach Alkyone auf Platz zwei, Mama Pleone auf sieben, noch vor Celaeno und Asterope.

An dunklen Standorten bietet M45 mit seinen insgesamt etwa tausend Mitgliedern in Feldstechern jeder Größe einen umwerfenden Anblick. Vielleicht haben Sie das Glück, in einer besonders klaren und dunklen Nacht einen der sehr schwachen Reflexionsnebel, die einige der Plejadensterne umgeben, zu erspähen. Dazu benötigen Sie jedoch mindestens einen 15×50-Feldstecher. Achten Sie besonders auf die Region südlich von Merope: Dort erstreckt sich der hellste Nebel, IC349, als sanftes Glimmen (Glanzlichter S. 65).

Freuen Sie sich auch auf den schönen Farbkontrast, den Ihnen der rote, zusehends an Helligkeit verlierende Mars und die blau-weißen Sonnen bieten. Der Planet tritt zurzeit in das »Goldene Tor der Ekliptik« ein, das die Plejaden und die Hyaden (AH 1-2/2006, S. 55) bilden. Diese Bezeichnung ist ebenfalls ein Relikt aus der Antike: Noch vor rund zweitausend Jahren befand sich der Frühlingspunkt – der Punkt am Himmel, an dem die Sonne bei Frühlingsanfang steht – im Stier und markierte so den Beginn der fruchtbaren Zeit und des Wachstums.

>> Lambert Spix

Golden Goal in Zeitlupe

Mars landet unhaltbar zwischen den Pfosten – den Plejaden und Hyaden.

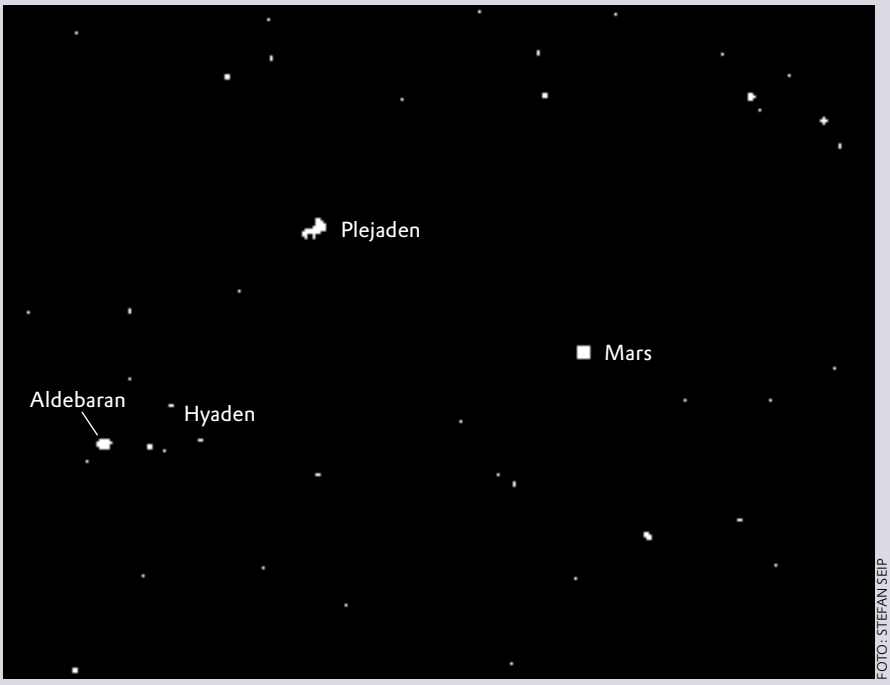


FOTO: STEFAN SEIP

Astronomik

Neuheiten !

UHC-E Filter

Diese neue Variante aus der UHC Familie besitzt gegenüber des bekannten Astronomik UHC Filters eine etwas größere Halbwertsbreite und eine etwas geringere Transmission. Das macht ihn in der Herstellung preiswerter und somit auch für einen engen Geldbautel erschwinglich! Trotz der kostengünstigeren Produktion übertrifft das UHC-E Filter in seiner Qualität die meisten Schmalband-Filter anderer Anbieter! Das UHC-E Filter empfiehlt sich besonders als preiswerte Alternative zum Profi UHC Filter für Geräte bis 15 Zentimeter Öffnung.

ab 65.- €

6nm H-alpha Filter

Nach dem weltweiten Bestseller, hat nun auch die H-alpha Familie Nachwuchs bekommen: Das 6 nm H-alpha Filter für die CCD Fotografie! Durch die geringe HWB erreichen Sie auch bei extremer Lichtverschmutzung gute Ergebnisse oder können bei dunklen Himmel die Helligkeit der Sterne im Objektumfeld deutlich senken und die Nebel hervorheben. Wir messen die Transmission jedes einzelnen Filters und können Ihnen Exemplare mit bis zu 95% Transmission anbieten.

ab 149.- €

Falls Sie unseren Katalog zugesandt bekommen möchten, senden Sie bitte €1.53 in Briefmarken an:

astro-shop

Eiffestr. 426 • 20537 Hamburg
Telefon 040 / 511 43 48 • FAX 040 / 511 45 94
astro@astro-shop.com
www.astro-shop.com

STERNTAFEL

S&T / AH, ARTBITE

WANN

Der Zeitleiste (oben rechts) können Sie die Gültigkeit der Sternkarten entnehmen. Wählen Sie das Datum anhand des Monats oder der Kalenderwoche (KW) und lesen Sie direkt darunter die zugehörige Uhrzeit ab. Beispiele:

Februar, zweite Hälfte:	**2 Uhr***
März, zweite Hälfte:	**0 Uhr***
April, zweite Hälfte:	**23 Uhr°**

*Mitteleuropäische Zeit (MEZ, UT+1)
°Sommerzeit (MESZ, UT+2)

S&T

- –1.
- 0.
- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5. Größenklasse

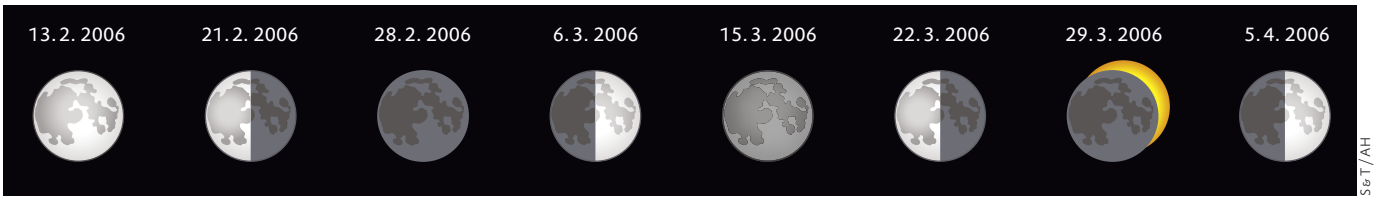
WIE

Auf den Sternkarten sehen Sie den Himmelsausschnitt, der sich Ihnen zu den in der Leiste (ganz oben) angegebenen Uhrzeiten präsentiert. Die Schwarz-Weiß-Karte (links) verzeichnet die wichtigsten Sternbilder, Namen der hellen Sterne und Fotos oder Detailkarten in diesem Heft. Die Nachthimmelkarte (oben) entspricht dann dem, was Sie unter freiem Himmel sehen.

Zur Orientierung halten Sie die Karten vor sich, und zwar so, dass der Rand mit der Himmelsrichtung, in die Sie schauen, zum Boden zeigt. Die Sterne am Rand der Karte stehen direkt über dem Horizont. Die im Zentrum der Karte dargestellten Sterne befinden sich genau über Ihnen – im Zenit.

Beispiel: Das »Himmels-W« des Sternbilds Kassiopeia steht ziemlich genau im Norden. Der »Große Wagen« – das Hinterteil des Großen Bären – macht sich im Zenit breit, während das Frühlingsdreieck aus Spika in der Jungfrau, Arktur im Bärenhüter und Regulus im Löwen den Südhimmel einnimmt. Jupiter ist bereits im Südosten aufgegangen, Mars bleibt zu dieser Stunde nur gegen Monatsende über dem Westnordwesthorizont.

Die Karten sind für fünfzig Grad nördliche Breite berechnet, das entspricht in etwa der Linie Luxemburg – Frankfurt am Main – Prag. Beobachter in Alpennähe sehen die Sterne im Süden etwas höher über dem Horizont und die im Norden etwas niedriger. In Norddeutschland ist es genau umgekehrt.



S&T/AH

Das Brüderpaar wirft sich in Schale

Hoch über unseren Köpfen steht das berühmte Pärchen Kastor und Pollux. Sie sind die hellsten Sterne der Zwillinge und bestenfalls so etwas wie Stiefgeschwister. **>> Fred Schaaf**

Die Wintersternbilder sind an den Märzabenden bereits tief in den Westen gezogen, halten aber nach wie vor die Stellung als hellste Sternbilder, besonders Orion und der Große Hund (»Canis Maior«, CMa). Auf unserer nächtlichen Übersichtskarte (S. 46) sind sie bereits untergegangen. Doch die letzte große Konstellation der kalten Jahreszeit steht noch hoch im Westen und zieht unser Augenmerk nicht nur wegen ihrer Helligkeit, sondern auch durch ihre Form auf sich: die Zwillinge (»Gemini«, Gem).

Kastor und Pollux lauten die Namen der Halbgeschwister aus der griechischen Mythologie. Sie sind die Namensgeber der beiden hellsten Sterne dieses Sternbilds (mehr über die Geschichte: AH 1-2/2006, S. 44). Die zwei Sterne stehen nur viereinhalb Grad voneinander entfernt. Der hellere, südlichere der beiden ist der orangefarbene Pollux. Kastor dagegen leuchtet weiß und erweist sich beim Blick durch ein Teleskop als sehr enger Doppelstern.

Die Helligkeiten der beiden betragen 1,1te und 1,6te Größe. Hierbei gilt: Je höher der Zahlenwert ist, desto schwächer leuchtet der Stern am Nachthimmel. Oftmals wird auch auf die Nachkommastelle verzichtet und alles, was heller ist als 1,5te Größe, wird als Stern 1. Größenklasse bezeichnet. So kommt es, dass Kastor und Pollux, obwohl sie auch »Zwillingssterne« heißen, nicht einmal zur gleichen Größenklasse gehören.

Die Übersichtskarte auf S. 46 zeigt die Zwillinge als nebeneinander stehende Strichmännchen. Übertragen Sie doch spaßeshalber die Linien auf das Foto hier links unten. Etwas außerhalb von Kastors leicht zurückhängendem Fuß befindet sich M 35, ein großer, heller Sternhaufen. Wenn Sie ihn bei niedriger Vergrößerung durch ein Teleskop betrachten, erstreckt er sich beinahe über das komplette Gesichtsfeld.

Als nächstes Sternbild in östlicher Richtung folgt der berühmte, aber unscheinbare Krebs (»Cancer«, Cnc). Sie finden ihn zurzeit recht leicht, da ihn der Ringplanet Saturn ziert (siehe auch den Beitrag auf S. 26). Berühmt ist der Krebs vor allem für M 44, auch »Praesepe« oder Bienenstockhaufen genannt. Diesen können Sie bereits mit bloßem Auge in klaren, mondlosen Nächten, fernab von städtischer Lichtverschmutzung als verschwommenen Fleck erkennen. Richten Sie mal einen Feldstecher darauf!

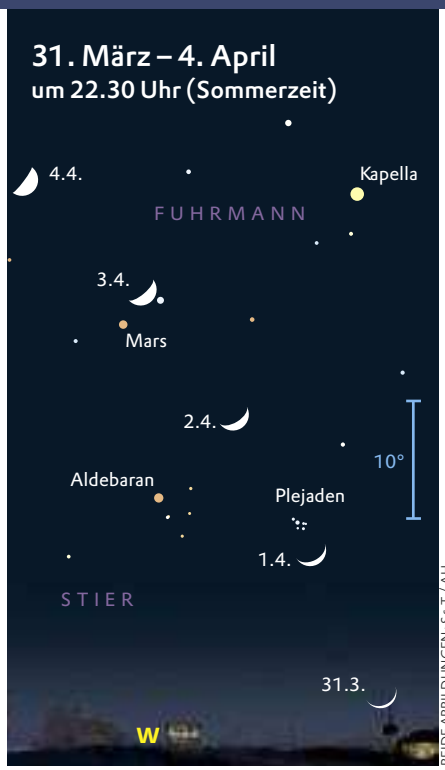
Auf dem Tierkreis folgt der Löwe (»Leo«), den Sie auf den Übersichtskar-

FOTO: AKIRA FUJII

Liegen Sie auf Isomatten und schauen in die Sterne? Erst, wenn sie im Westen untergehen, sehen wir die beiden Figuren aufrecht stehen.

Die ersten und die letzten

Abende des Monats sind aus Sicht der Planetenliebhaber am interessantesten: Merkur und Mars verabschieden sich im Westen jeder auf seine Art.



BEIDE ABBILDUNGEN: S&T / AH

ten hoch oben im Süden finden. Er kündigt durch sein Erscheinen den nahenden Frühlingsbeginn an. Ein weiteres Vorzeichen hierfür ist, dass der Große Wagen genau über Ihnen steht.

Planeten im März

Merkur geht zu Monatsbeginn als Sichel bald nach der Sonne unter (Grafik oben links). Er überholt die Erde auf seiner Innenbahn um die Sonne und treibt sich ab Ende März für zwei Monate in der Morgendämmerung herum.

Saturn können Sie bis in die frühen Morgenstunden am Nachthimmel bestaunen. Mit seinen Ringen und Monden bietet er ein ideales Ziel für Beobachtungen mit dem Fernrohr. Er steht weniger als zweieinhalb Grad westlich von M44, das entspricht etwa der Breite von zwei Fingern bei ausgestrecktem Arm.

Mars finden Sie in der Abenddämmerung hoch im Westen im Sternbild Stier (»Taurus«, rechte Grafik oben). Allerdings nimmt seine Helligkeit schnell ab, sodass ihn der gleichfalls rötliche Aldebaran aussticht. Zuletzt steht der Rote Planet im Osten des Stiers, fast genau zwischen den Sternen, die die Spitzen der Hörner markieren (Grafik unten).

Jupiter geht Anfang März um 22.30 Uhr auf. Er strahlt in der Waage (»Libra«) unweit ihres hellsten Sterns Zuben Elgenubi (Alpha Librae).

Venus steht während der Morgendämmerung tief im Südosten. Am 25. März erreicht sie ihre größte Elongation, den maximalen Winkelabstand zur Sonne. Mit einem Fernrohr können Sie beobachten, wie sie dabei ihre »Halbvenusphase« durchläuft und genau zur Hälfte von der Sonne beleuchtet wird.

Der **Mond** steht am Abend des 5. rechts von Mars und am 10. März links von Saturn. In der Nacht vom 14. auf den 15. können wir eine Mondfinsternis beobachten. Dabei tritt der Trabant gegen 22.23 Uhr in den Halbschatten (»Penumbra«) der Erde ein. Dort verweilt er bis 3.10 Uhr, erreicht allerdings zu keiner Zeit den Kernschatten und wird deshalb nicht so stark verdunkelt wie bei einer totalen Mondfinsternis.

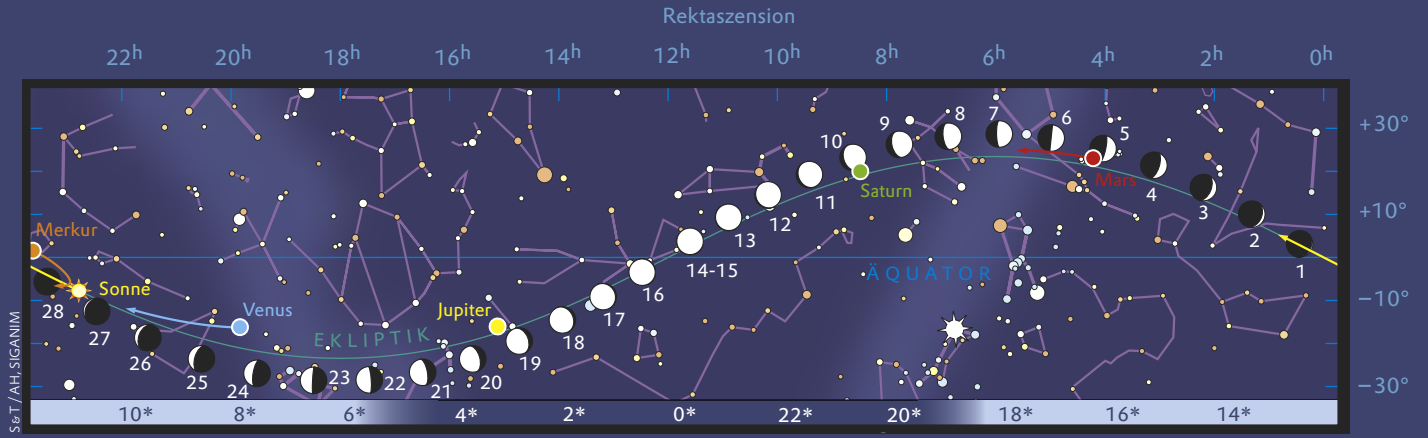
Der abnehmende Dreiviertelmond geht am 18. März gegen 22.30 Uhr rechts neben Jupiter, in der Morgendämmerung am 26. ein gutes Stück links unterhalb von Venus auf.

Die **Sonne** erreicht am 20. März um 19.26 Uhr die Tag-und-Nacht-Gleiche. Damit beginnt auf der Nordhalbkugel der Frühling. Eine außergewöhnlich lange totale Sonnenfinsternis ist am 29. März zu bestaunen. In Mitteleuropa liegt die Bedeckung bei rund 40 Prozent. Lesen Sie mehr dazu auf S. 42. <<

Das Monatspanorama zeigt Phasen und Positionen des Monds vom 1. bis zum 28. März. Die Pfeile kennzeichnen die Bewegungen von Sonne und Planeten vor den Fixsternen von Monatsanfang bis -ende. Die untere Leiste gibt die ungefähre Ortszeit an, wenn der darüberliegende Bereich zur Monatsmitte im Süden steht.

Fred Schaaf sattelt schon die Kamele für die Karawane der Sofi-Touristen.

Der Mond und die Planeten im März 2006



S&T / AH, SIGANIM

Der Mond ist zum besseren Erkennen der Mondphasen auf allen Karten in Übergröße dargestellt.

Wir freuen uns, Ihnen in diesem Jahr in Zusammenarbeit mit unserem Schwestermagazin »Sterne und Weltraum« gleich drei fantastische Touren anbieten zu können: Astroreiseleiter Joachim Biefang führt Sie im Juni durch Namibia, ein Mekka der Sterngucker; im September zur Sonnenfinsternis nach Französisch-Guayana auf den Weltraumbahnhof der Esa; und im November zu den neuen Großteleskopen auf den Kanarischen Inseln.
Alle Preise inklusive Flug. Buchen können Sie bei unserem Partner **Wittmann Travel** in Hamburg unter: 040 85105376. **Infos:** www.wittmann-travel.de, E-Mail: info@wittmann-travel.de

10.6.–24.6. UND 22.6.–6.7. 2006

Astrosafari durch den Südwesten Afrikas

Namibia – ein einzigartig klarer und dunkler Himmel überwältigt Sie mit der Sternenfülle der südlichen Hemisphäre. In der gleichen Zeitzone wie Mitteleuropa gelegen, können Sie das Reiseziel ohne Jetlag von der ersten Minute an genießen. 120 Kilometer südwestlich von Windhoek auf 1836 Meter Höhe bietet die Gästefarm Hakos astronomischen Reisegruppen ein ideales Basislager. Die Farm ist für gute Unterbringung und ausgezeichnete Bewirtung bekannt. Lassen Sie sich vom wunderbaren Panorama des Gamsbergs und der gegenüberliegenden Hakosberge verzaubern.

Einmal im Leben will jeder Amateurastronom die Magellanschen Wolken, den großartigen Tarantelnebel und die reichen Kugelsternhaufen Omega Centauri und 47 Tucanae mit eigenen Augen sehen. Das Zentrum der Milchstraße steht mit einer Fülle von Beobachtungsobjekten hoch über Ihnen in Zenitnähe. Machen Sie mit der gut ausgestatteten Reisesternwarte die Nächte durch und jagen Sie tagsüber den Flecken und Protuberanzen der Sonne nach!

Darüber hinaus bietet das Programm eine Reihe interessanter Exkursionen ins Umland, wie etwa die Besichtigung der Hess-Teleskope für kosmische Gammastrahlung, eine Gipfeltour zum 2347 Meter hohen Gamsberg, eine Farmrundfahrt und eine Wanderung durch den Köcherbaumwald. Den Abschluss bilden eine dreitägige Safari durch die eindrucksvolle Wüste Namib mit ihrer faszinierenden Tierwelt, eine Bootsfahrt zu den Robben vor der Atlantikküste von Walfisbay sowie eine Besteigung der größten Sanddünen der Welt im Sossusvlei.

Preis pro Person im Doppelzimmer: 2290 Euro

Zusatzangebot: eine fünftägige Verlängerung im Norden Namibias: Hoba-Meteorit und Etoscha-Nationalpark

Namibia

BEIDE FOTOS: ESA

17.9.–25.9. 2006

Französisch-Guayana: ringförmige Sonnenfinsternis und Weltraumhafen der Esa

Diese Reise führt Sie in die Äquatorregion der Europäischen Union! Denn das Land ist ein Überseedepartment Frankreichs und gehört damit zur EU. Nur fünf Grad nördlich des Äquators leistet die Drehung der Erde bei Raketenstarts eine große Anschubhilfe. Daher befindet sich hier in Kourou der Weltraumbahnhof der Europäischen Weltraumorganisation – Gegenstück zu Cape Canaveral oder Baikonur –, vor allem bekannt für die Starts der Arianeraketen mit Raumsonden wie Rosetta oder Forschungssatelliten wie XMM-Newton. Nutzen Sie die einmalige Gelegenheit, diesen Raumhafen ausführlich zu besichtigen!

Die ringförmige Sonnenfinsternis am 22. September 2006 gab den Anlass für die Terminwahl dieser Reise. Glücklicherweise fällt sie in die trockene und damit für Beobachtungen günstigste Jahreszeit. Früh am Morgen zieht sie mit einer Annularitätsdauer von 5 Minuten und 42 Sekunden über Kourou und Cayenne hinweg.

Der Name Guayana bedeutet Land der Flüsse. Neun Zehntel des Lands sind unberührter tropischer Regenwald. Erleben Sie die Amazonasregion auf einer Exkursion mit einem motorisierten Einbaum. In Küstennähe besichtigen Sie die Vogel- und Wasserwelt des Naturschutzgebiets von Kaw und lauern nachts Kaimanen auf. Eine weitere Bootsfahrt führt zu Papillons Teufelsinsel – heute ein idyllisches Naturreservat in Besitz der französischen Raumfahrtagentur.

Preis pro Person im Doppelzimmer: 2490 Euro

Südamerika

JEAN MARIE WILL

HANS ZINNECKER

JEAN MARIE WILL

HANS ZINNECKER

Kanaren

9.11.–23.11. 2006

La Palma und Teneriffa: die europäische Nordsternwarte

Neben Chile entwickeln sich die Kanarischen Inseln immer mehr zum Dreh- und Angelpunkt europäischer Astronomie. An diesem wettersicheren Standort entstehen auf zwei der Inseln neue Teleskope der Weltklasse: Teneriffa kann inzwischen mit dem größten Sonnenteleskop – dem deutschen »Gregor« (AH März 2004, S. 54) – und La Palma bald mit dem größten Nachtteleskop der Welt aufwarten – dem spanischen 11-Meter-GTC (AH Januar/Februar 2004, S. 58). Selbstverständlich besichtigen Sie die Profigeräte in Izaña – mit Blick auf den Vulkan Pico del Teide (Mitte) – und auf dem Roque de los Muchachos (links).

Dazu gibt es viele Gelegenheiten zu eigenen Beobachtungen mit der gut ausgerüsteten Reisesternwarte von Joachim Biefang. In den Bergen Teneriffas wurde dazu das in 2200 Meter Höhe gelegene Hotel Parador ausgewählt.

Tagsüber bieten sich hier der wunderbare Teide-Nationalpark und eine Seilbahnfahrt auf den 3718 Meter hohen Vulkan an. An Teneriffas Küste geht es mit dem Boot hinaus zur Walbeobachtung und auf La Palma wandern Sie in den Feuerbergen zum 1971 entstandenen Vulkankegel. Weitere Inseltouren bereichern dieses interessante Programm.

Preis pro Person im Doppelzimmer: 1940 Euro

REINHARD NEUL

BEIDE FOTOS: EDWIN EBERT

Den Profis in die Kuppeln geschaut

Eine Beobachtungsnacht auf der deutsch-spanischen Sternwarte auf dem Calar Alto

>> Stefan Seip

Über zwei Meter Durchmesser hat das Spiegelteleskop in der Kuppel, bescheidene 105 beziehungsweise 80 Millimeter haben unsere Amateurgeräte. Doch das Ziel ist das gleiche: Aufnahmen des Sternhimmels.

ALLE FOTOS DES ARTIKELS: STEFAN SEIP

Die ringförmige Sonnenfinsternis am 3. Oktober 2005 lockte mich – zusammen mit Sternfreunden der Sternwarte Welzheim – an die Costa Blanca in Spanien. Von dort aus brachen wir zwei Tage nach dem Himmelsereignis in Richtung Süden auf, um das »Centro Astronómico Hispano Alemán«, das paritätisch von spanischen Instituten und vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg betrieben wird, zu besichtigen.

Nach dreieinhalb Stunden Fahrt wird die Straße immer kurviger und es geht nur noch bergan. Wir befinden uns in der Sierra de los Filabres, einem östlichen Ausläufer der Sierra Nevada. Die Landschaft nimmt langsam jenen Halbwüstencharakter an, der auch für Standorte anderer Sternwarten auf fernen Kontinenten typisch ist. Das Himmelsblau erscheint uns nun mit jedem Höhenmeter intensiver und plötzlich taucht eine Kuppel nach der anderen auf: fünf leuchtend weiße, riesige Schutzbauten, die sich bei glasklarer Luft in den Himmel recken. Ihr Anblick sorgt bei mir für die erste Gänsehaut an diesem Tag.

Wir sind angemeldet. Ulrich Thiele vom Max-Planck-Institut für Astronomie erwartet uns schon. Von ihm erfahren wir, dass dieser Gipfel bereits 1970 als Standort für die Sternwarte ausgewählt wurde. 1973 folgte der erste Spatenstich und zwei Jahre später die Einweihung des 1,23-Meter-Teleskops – damals das größte von der Bundesrepublik Deutschland betriebene Fernrohr. Ihren vorläufigen Höhepunkt erreichte die Ausstattung der Sternwarte mit dem 3,5-Meter-Teleskop, das im Sommer 1984 »first light« hatte, also seine Arbeit aufnahm.

Wie eine Kolonie junger Pilze bevölkern die Kuppeln den Gipfel, auch wenn heute nicht mehr alle Fernrohre genutzt werden. Als Erstes öffnet sich für uns die Tür zum altehrwürdigen Hamburger Schmidt-Spiegel. Diese Astrokamera, die 1980 von der Elbe hierher transportiert wurde, ist mit ihrem Spiegel von achtzig Zentimeter Durchmesser noch voll funktionstüchtig. Da die Firma Kodak aber mittlerweile keine Fotoplatten mehr dafür herstellt und der Umbau auf CCD-Sensoren zu aufwändig wäre, ist dieses Instrument heutzutage nicht mehr in Betrieb: ein herber Verlust für die Wissenschaft! Das wird mir in dem Moment bewusst, als uns Thiele eine mit diesem Fernrohr belichtete Fotoplatte zeigt. Das Negativ ist 20 mal 25 Zentimeter groß und enthält zahllose, bis in die Ecken perfekt abgebildete Sterne!

Auch das Fernrohr in der Nachbarkuppel ist nicht mehr im Einsatz: Auf Grund eines mechanischen Defekts kann es derzeit nicht benutzt werden. Doch von Seiten der Astronomen besteht nach wie vor Bedarf an einem 1,23-Meter-Instrument, und so hoffen sie auf eine baldige Reparatur.

Das 1,5-Meter-Teleskop, das 1978 in Betrieb ging, wird heute von Madrid aus ferngesteuert und steht ebenso wie das nur ein Jahr später errichtete 2,2-Meter-Teleskop nicht auf unserem Besuchsplan. Daher geht es gleich ohne Umweg weiter zum größten Instrument auf dem Berg: >

Neben dem großen 3,5-Meter-Teleskop wirken die Besucher wie Ameisen. Der gelbe Behälter enthält den flüssigen Stickstoff zur Kamerakühlung.

> Mit einem Basisdurchmesser von 32 Metern ist die Rundkuppel des 3,5-Meter-Teleskops wahrlich beeindruckend! Daher steigt unsere Spannung auch fast ins Unerträgliche, als sich die Tür zur Kuppel öffnet.

Im Innern erwartet uns ein 420 Tonnen schweres Monster: Der Gitterrohrtubus beherbergt einen dreieinhalb Meter großen und relativ dicken Hauptspiegel, der noch in klassischer Monolith-Bauweise ausgeführt ist und 13 Tonnen wiegt. Er wird von einer überdimensionalen Hufeisenmontierung getragen, die eine präzise Bewegung des Riesen erlaubt – eines der letzten Großteleskope, die parallaktisch montiert wurden, bevor man zu den wesentlich kompakteren alt-azimutalen Varianten wechselte. 225 Tonnen bringen allein die beweglichen Teile auf die Waage.

Der Anblick dieses Giganten aus Stahl und Glas jagt mir den zweiten Schauer an diesem Tag über den Rücken – daran kann aber auch die niedrige Temperatur im Kuppelinnern schuld sein. Ein automatisches Belüftungssystem sorgt für eine Angleichung von Innen- und Außentemperatur, damit nach der Öffnung des Kuppelspalts bei Sonnenuntergang nicht zu viel Zeit für den notwendigen Temperaturausgleich verloren geht. Aktiv gekühlt wird nur der Hauptspiegel, wenn die Außentemperatur tagsüber über der im Kuppelinnenraum liegt.

Als Ulrich Thiele anfängt, über das Teleskop zu erzählen, glänzen seine Augen. Er arbeitet schon seit 1983 auf dem Calar Alto und hat die Inbetriebnahme des Kolosses miterlebt. »Nach den üblichen Anfangsschwierigkeiten arbeitet das Gerät seither absolut zuverlässig«, bestätigt er uns. »Die beantragte Beobachtungszeit am 3,5-Meter-Teleskop übersteigt auch heute die Zahl der verfügbaren Nächte noch bei Weitem, was zeigt, dass ein Gerät dieser Öffnungsklasse nach wie vor begehrt ist.«

Bei dreieinhalb Meter Öffnung hat der Spiegel eine Primärbrennweite von etwa zwölf Metern. Das bedeutet, dass im Primärfokus bei einem Öffnungsverhältnis von 1 zu 3,4 beobachtet werden kann. Beobachten heißt bei den Profis jedoch nicht, dass man durch ein Okular schaut; beobachtet wird ausschließlich fotografisch. Zur Verfügung stehen Kameras für das sichtbare Licht und das nahe Infrarot, Weitfeldkameras mit 67 Megapixeln, Spektrografen und ein adaptives optisches System. Instrumente, die im »Cassegrainfokus«, also hinter dem Hauptspiegel montiert sind, arbeiten bei einem Öffnungsverhältnis von 1 zu 10, also stattlichen 35 Metern Brennweite.

Etwa jede Woche ist ein Wechsel der Kamera fällig, was immer einen halben Tag Arbeit für die notwendigen Umbauarbeiten bedeutet. Viele Beobachtungen am 3,5-Meter-Teleskop sind so genannte Sky-Surveys: Durchmusterungen, die mit den Weitfeldkameras sowohl im infraroten als auch im sichtbaren Licht angefertigt werden. Auf den Aufnahmen wird nach interessanten astronomischen Objekten gefahndet, die dann mit noch größeren Instrumenten genauer unter die Lupe genommen werden.

Wir folgen Thiele die Treppe hinauf auf einen Rundgang im Innern der Kuppel, wo uns bereits der nächste Höhepunkt erwartet: Fast lautlos, zumindest deutlich leiser als manch kleines Amateurfernrohr schwenkt das Riesenteleskop zügig in unsere Richtung. Den Blick auf den Hauptspiegel verwehren jetzt nur noch Schutzlamellen, die sich aber im nächsten Moment wie eine Blume öffnen. Viele von uns hatten noch nie zuvor einen so großen Teleskopspiegel gesehen. Ein Assistent erscheint und füllt flüssigen Stickstoff zur Kühlung der CCD-Kameras ein – das Teleskop wird für die Beobachtungsnacht vorbereitet.

Panorama bei Sonnenuntergang Von links nach rechts: das spanische 1,5-Meter-Teleskop, die Kuppel des Schmidt-Spiegels, das 1,23-Meter-Fernrohr, die Kuppel des 2,2-Meter- und schließlich – ganz rechts – die des 3,5-Meter-Teleskops

Die Nebelregion um den Stern Gamma Cygni im Schwan wird auch Schmetterlingsnebel genannt. Das Bild entstand auf dem Calar Alto. Die Belichtungszeit betrug insgesamt vier Stunden.

Die Zeit vergeht während unserer Führung auf dem Calar Alto wie im Flug; als wir wieder nach draußen kommen, steht die Sonne tatsächlich nur noch wenige Grad über dem Horizont. Ihr goldenes Licht verleiht den Sternwartenkuppeln fast etwas Tempelartiges.

Mit dem Verschwinden der Sonne ändern sich Licht und Stimmung schlagartig. Im Osten steigt langsam der messerscharf nach oben begrenzte Erdschatten empor. Die erste Kuppel öffnet sich mit einem Poltern. Im Westen taucht die schmale Sichel des Monds auf – gerade einmal 58 Stunden nach der ringförmigen Verfinsterung der Sonne durch den Neumond. Und etwas weiter im Südwesten steht die gleißend helle Venus am Himmel – viel heller, als ich es von meinem Beobachtungsplatz in Deutschland gewohnt bin. Auch wir haben Pläne für die Nacht.

Wahrer Luxus

Natürlich haben wir unsere Teleskope dabei, und deshalb sind wir sehr erfreut, als wir erfahren, dass wir die Nacht auf dem Gelände der Sternwarte verbringen dürfen. Wir bauen unsere Geräte auf einem Parkplatz neben dem nicht betriebsbereiten 1,23-Meter-Teleskop auf und können sogar Strom aus der Steckdose beziehen, um die Montierungen, Kameras und Laptops zu betreiben. Das ist wahrer Luxus!

Während wir alles startklar machen, wechselt das helle Blau des Himmels in ein immer dunkler werdendes Stahlblau, Blaugrau und schließlich ins Schwarz. Immer mehr Sterne kommen zum Vorschein und der Blick nach Süden zeigt, dass wir uns nicht in Deutschland, sondern viel südlicher, nämlich auf dem 37. Breitengrad befinden: Das Sternbild Skorpion steht hier in seiner vollen Pracht über dem Horizont. In Deutschland dagegen sind Teile seines Schwanzes nie sichtbar.

In einem Punkt unterscheiden wir uns heute Nacht nicht von den Profis: Auch unsere Teleskope sind ausschließlich für fotografische Aufnahmen vorgesehen – visuelle Beobachtungen durch ein Okular sind nicht geplant. Endlich läuft meine erste Belichtung. Meine Instrumente sollten nun einige Stunden selbstständig arbeiten, sodass ich mich dem Sternhimmel zuwenden kann.

Imposant spannt sich das helle Band der Milchstraße von Südosten über den Zenit nach Nordwesten. Bis zum Horizont reicht ihr Glimmen, auch wenn eine leichte Aufhellung des Himmels durch die Straßenbeleuchtung benachbarter Dörfer erkennbar ist. Doch schon in einer Höhe von zehn Grad ist die Durchsicht fantastisch. Fast im Minutentakt blitzen Sternschnuppen auf – viele davon so schwach, dass man sie nur unter den hier herrschenden, optimalen Bedingungen registriert. Ich versuche, die Sternbilder Südliche Krone, Mikroskop und Kranich ausfindig zu machen, die ich zu Hause nicht oder allenfalls unvollständig sehen kann.

Plötzlich unterbricht ein geheimnisvolles Geräusch, das wie das Grollen eines heranziehenden Gewitters klingt, die Stille. Schnell stellt sich heraus, dass es von einer der riesigen Kuppeln kommt, die gerade ein Stück weitergedreht wird, damit das Teleskop sein Ziel im Auge behalten kann.

Die Nacht schreitet zügig voran. Langsam nähern sich die Sommersternbilder im Westen ihrem Untergang. Derweil dominiert im Süden mit den Sternbildern Pegasus, Perseus und Andromeda noch der Herbsthimmel. Bereits mit bloßem Auge erscheint die Andromeda-Galaxie M31 als auffälliger, heller und nebliger Fleck. Auch unsere Müdigkeit und die bissige Kälte können uns die Freude darüber, die Nacht unter einem so schönen Sternhimmel verbracht zu haben, nicht nehmen.

Wie viel Glück wir mit dieser herrlichen Nacht hatten, erfahren wir erst später von Ulrich Thiele. Er zitiert eine Zeile aus den Beobachtungsprotokollen der Profis. Darin steht: »Die ganze Nacht war astronomisch ohne Einschränkungen nutzbar: 100 Prozent der gewünschten Daten wurden gewonnen«. <<

Wenn unser Autor **Stefan Seip** gerade nicht durch seine eigenen Teleskope fotografiert, lichtet er andere Fernrohre ab.

PETER FRANK

Die Lust am Jagen

Peter Frank war einer der Ersten in Deutschland, die veränderliche Sterne systematisch mit Kameras überwachten. Bislang hat er zwölf Veränderliche entdeckt.

Es gibt Hobbyastronomen, die sich der Astrofotografie verschrieben haben. Und es gibt solche, denen es vor allem ums Entdecken geht.

>> Michael Vogel

Sieht so ein Ort aus, an dem 160 veränderliche Sterne neu entdeckt wurden? Wer ein umfangreiches Instrumentensortiment und einen exzellenten Beobachtungsstandort erwartete, sieht sich getäuscht: Vorhanden sind lediglich ein Zwanzig-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain, wie es viele Hobbyastronomen benutzen, und eine CCD-Kamera, die nicht gerade zu den Topmodellen gehört. Das Ganze ist auf dem Balkon eines Mehrfamilienhauses am Südrand der österreichischen Stadt Linz aufgebaut. Der Rest ist Software, Fachwissen, der richtige Riecher – und viel Engagement.

»Seit 1995 fotografiere ich mit einer CCD-Kamera. Meine Motive waren anfangs vor allem die Sonne und die Planeten«, erzählt Klaus Bernhard. Doch schon bald überlegte sich der promovierte Chemiker, der die Astronomie seit 25 Jahren zum Hobby hat, dass auch veränderliche Sterne – also solche, deren Helligkeit innerhalb einer beobachtbaren Zeitspanne schwankt – interessante Beobachtungsobjekte abgeben könnten. »Mich trieb der Reiz, etwas Neues zu finden«, sagt Bernhard. Denn obwohl inzwischen über 30 000 Veränderliche bekannt sind, weiß man, dass es wohl noch sehr viel mehr von ihnen gibt. Mehr jedenfalls als Berufsastronomen, die sich mit der Suche nach ihnen befassen können.

Ab 1997 durchforstete Bernhard systematisch den Himmel, um unbekannten Veränderlichen auf die Schliche zu kommen. Dazu machte er von ausgewählten Regionen der Milchstraße mehrere Bilder mit der CCD-Kamera und überprüfte anschließend, ob einer der vielen Lichtpunkte seine Helligkeit geändert hatte. »Am ehesten werden solche Veränderliche übersehen, die direkt neben einem hellen Stern stehen, sagte ich mir damals.« Und tatsächlich, schon nach kur-

zer Suche stieß Bernhard in der Nähe des Sterns Atair im Adler auf den Stern GSC 1062-0033, der zwischen 10,5ter und 11. Größe schwankt.

Beflügelt von diesem schnellen Anfangserfolg begann der heute 37-Jährige seine systematische Suche nach und nach zu automatisieren. Die Software für die Teleskopsteuerung und die automatische Belichtung hat er selbst geschrieben. Sie sucht auch gleich nach verdächtigen Objekten auf den Aufnahmen. Bei klarem Himmel wirft Bernhard sein Überwachungsfernrohr innerhalb von Minuten an, dann arbeitet es autonom: zwanzig Sekunden Belichtung, 28 Sekunden Positionieren auf den neuen Ausschnitt, dann wieder zwanzig Sekunden Belichtung. Im Lauf einer klaren Nacht kann Bernhard so einen sieben mal sieben Grad großen Himmelsausschnitt aufnehmen. »Ich bewege mich immer entlang dem Milchstraßenband, da dort wegen der hohen Sterndichte die Chancen auf eine Entdeckung höher sind.« Seine Ausrüstung kann Objekte bis zur 14. Größe erfassen.

Neben Bernhard gibt es noch einige weitere Beobachter im deutschsprachigen Raum, die Veränderliche systematisch mit CCD-Kameras überwachen. Der Vorreiter unter ihnen war sicherlich Peter Frank (Foto links) aus dem niederbayrischen Velden. Bereits in den 1970er Jahren führte er mit Teleobjektiven und motorgetriebenen Kameras systematische Helligkeitsmessungen durch.

Aus der Backstube ans Teleskop

»Ich war gelernter Bäckermeister und musste die Beobachtung mit meinen Arbeitszeiten in Einklang bringen«, erzählt Frank. Er wusste, dass Sportfotografen motorgetriebene Kameras einsetzten, um Belichtungsserien machen zu können, und übertrug das Konzept kurzerhand auf die Beobachtung von Veränderlichen. Bis zum Jahr 1996 entstand so ein Archiv aus mehr als 5000 Aufnahmen auf Kleinbildfilm. Frank wertete die Negative mit einem Mikroskop-Lichtmesser aus und entdeckte 1979 als erstes Mitglied der Bundesdeutschen Arbeitsgemeinschaft für Veränderliche Sterne einen neuen Veränderlichen. Bei Beobachtungen des bekannten Veränderlichen SW Lacertae stellte Frank fest, dass die Helligkeit eines der sechs verwendeten Vergleichssterne ebenfalls schwankte. Der Bedeckungsveränderliche V 364 Lacertae war der erste von bislang zwölf veränderlichen Sternen, die der Amateurastronom allein oder zeitgleich mit Profiastronomen entdeckte. 1996 hat er der Filmchemie Lebewohl gesagt und arbeitet heute mit einer CCD-Kamera.

Frank bemüht ein Zitat des US-Astronomen Alan Sandage, wenn man ihn danach fragt, was ihn an der Veränderlichenbeobachtung reize, der er seit nunmehr vierzig Jahren nachgeht: »Die Hunde des Himmels jagen mich.« Wenn es aufklare und er nicht ans Teleskop gehe, habe er ein schlechtes Gewissen. Habe er sich dann endlich einen Ruck gegeben, sei er nach der Beobachtung glücklich. »Primär besteht die Motivation im Jagdtrieb«, glaubt Frank. »Dass man dabei ein kleines Mosaiksteinchen zur Astronomie beiträgt, ist der zweite Anreiz.«

Weltweit gibt es tausende Sternguckter, die die Helligkeitsentwicklung von Veränderlichen verfolgen und den Berufsastronomen so immer wieder wichtige Informationen liefern. Wenn beispielsweise eine Zwergnova in ihrem nur wenige Tage andauernden Maximum untersucht werden soll, kann dies kein Satellit übernehmen – denn ihre Ausbrüche sind nur grob vorhersagbar und nötigen dem Beobachter eine Menge Wartezeit ab. Im Gegensatz zu Profis können sich Amateure diese Zeit häufig nehmen, und so kam es schon oft vor, dass Beobachtungssatelliten dank der wachsamen Augen von Hobbyastronomen rechtzeitig ausgerichtet werden konnten.

Aber nicht nur die Veränderlichen sind spannende Zielobjekte. Manchmal kann man auch bei ganz unvermuteten Gelegenheiten aufregende Entdeckungen machen. So erspähte der US-Amateur Jay McNeil am 23. Januar 2004 einen Nebel im Orion, der früher nicht zu sehen gewesen war. McNeil verwendete für die Beobachtung ein lediglich dreizölliges Fernrohr und eine CCD-Kamera.

Auch der inzwischen in Bonn lebende Sebastian Hönig erlangte vor drei Jahren Berühmtheit, als ihm im Alter von 23 Jahren die Entdeckung eines Kometen gelang – die erste visuelle Entdeckung von Deutschland aus seit 1946. Rund hundert Stunden Suchzeit waren vorausgegangen. Doch Hönig hat sich noch auf andere Weise einen Namen gemacht: Er war der Erste, der im Jahr 2003 auf Rohbildern des amerikanischen Neat-Projekts (Near-Earth Asteroid Tracking) zahlreiche Kleinplaneten entdeckte.

Nur das Entdecken zählt

Das Neat-Team hatte etliche Objekte übersehen, die später von Amateuren gefunden wurden. Hönig durfte als Entdecker ganze sechs Kleinplaneten benennen. »Dem Neat-Team stieß das nach einer Weile sauer auf«, erinnert sich der Amateur, der heute am Max-Planck-Institut für Radioastronomie promoviert. Mittlerweile dürfen Hobbyastronomen die Neat-Daten zwar noch nach unbekannten Objekten durchforsten, aber Entdeckerrechte gibt es keine mehr. Das machte die Sache für Hönig uninteressant, der als seine wichtigste Motivation das Entdecken nennt.

Bereits vor Neat hatte Hönig auf Bildern des Sonnensatelliten Soho, die im >

REINER STOSS

Reiner Stoss überwacht den Himmel mit vollautomatischen Teleskopen. Er hat zwischen 30 und 50 Kleinplaneten mit entdeckt; genau weiß er es nicht, weil er sie nicht mehr zählt.

PETER FRANK

> Internet veröffentlicht wurden, 35 Kometen entdeckt. Auch andere deutsche Amateure machten sich hiermit einen Namen. Hönigs neuestes Projekt ist der Aufbau eines über das Internet steuerbaren Fernrohrs in Chile. Was der inzwischen 26-Jährige damit machen möchte? Kometen und Kleinplaneten auf dem Südsternhimmel jagen – versteht sich.

Reiner Stoss (Foto vorherige Seite) hat diese Art der Himmelsdurchmusterung bereits vor zweieinhalb Jahren perfektioniert. Der versierte Kleinplanetenbeobachter benutzt zusammen mit einem anderen Amateur, der in Barcelona lebt, 25- und Dreißig-Zentimeter-Schmidt-Cassegrain-Teleskope der Sternwarte Mallorca, um die Bahnen von neu entdeckten Kleinplaneten genauer zu bestimmen. »Wir beschäftigen uns vor allem mit Folgebeobachtungen für die Spaceguard-Überwachung«, sagt der 29-jährige Maschinenbaustudent, der in Darmstadt lebt. »Spaceguard« ist ein internationales Netzwerk zum Aufspüren von erdnahen Kleinplaneten, die unserer Erde einmal gefährlich werden könnten.

Die Beobachtungen auf Mallorca laufen automatisch, inklusive einer ersten Datenreduktion. Anschließend schicken die Computer die relevanten Informationen zu einem Internetserver, von dem Stoss sie sich herunterlädt. »Viele erdnahe Kleinplaneten werden in den USA entdeckt«, erklärt Stoss, »dann sind die Europäer wegen der Erdrotation in einer guten Position, um die Objekte weiterzuverfolgen.« Die Software für die automatische Überwachung hat er, zusammen mit seinem spanischen Kollegen, selbst entwickelt.

Wenn es auf Mallorca zu einer Schönwetterkatastrophe kommt, der Himmel also viele Nächte in Folge klar ist, dann kann es passieren, dass Stoss ein bis zwei Wochen lang täglich achtzehn Stunden am Rechner sitzt, um der Datenflut Herr zu werden. »Da gehe ich dann fast gar nicht mehr aus dem Haus.« Stoss hat bislang zwischen dreißig und fünfzig Kleinplaneten mit entdeckt; einer davon trägt seinen Namen. Er zählt sie schon lange nicht mehr.

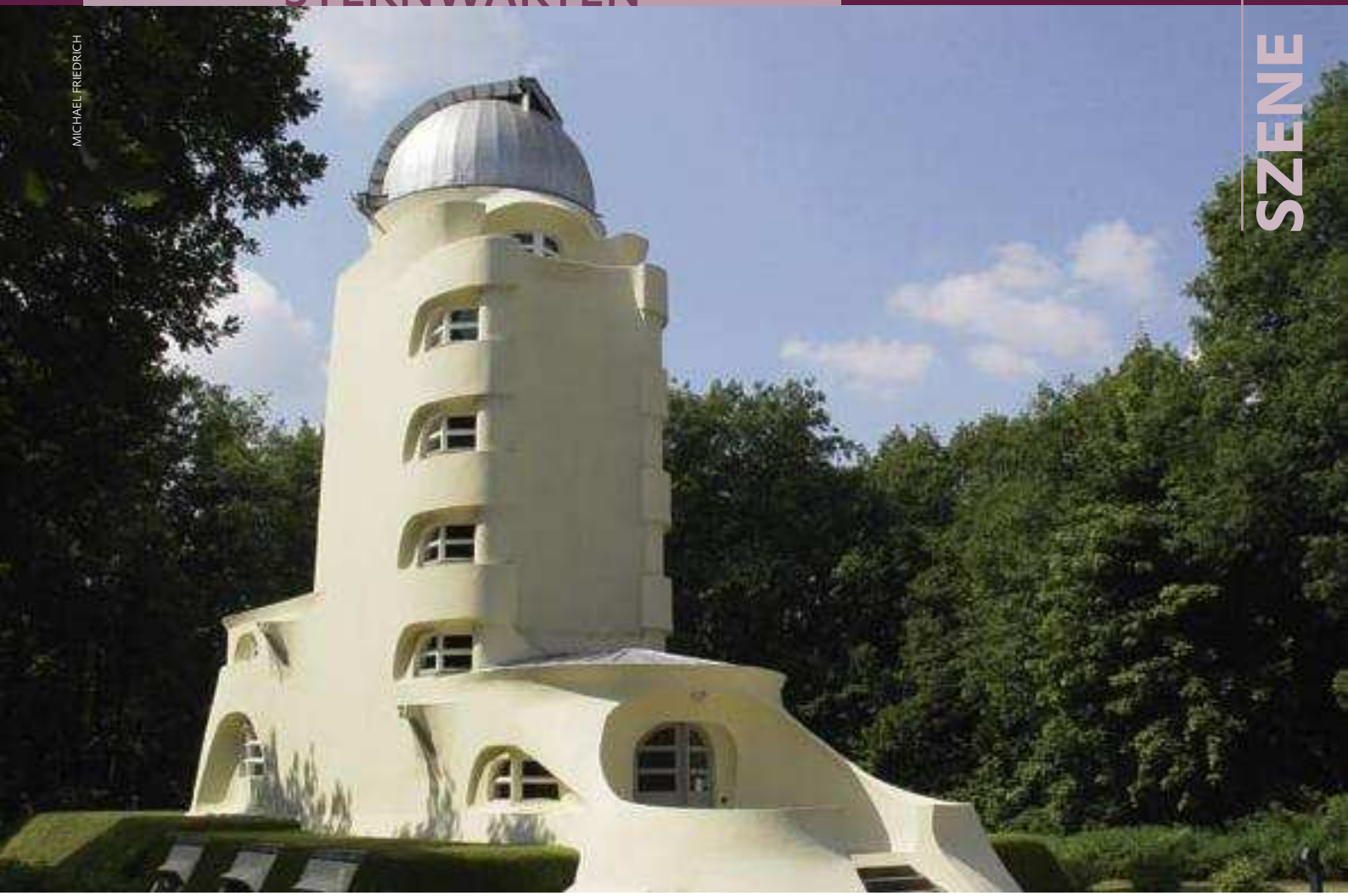
Keine durchfrorenen Nächte

Derzeit verfolgt er mit seinem spanischen Kollegen ein anderes Projekt. Drei CCD-Kameras, bestückt mit Teleobjektiven, überwachen seit Anfang des Jahres von Mallorca aus den Morgen- und Abendhimmel, um neue Kometen zu erspähen. Überflüssig zu betonen, dass auch diese Geräte vollautomatisch funktionieren und ihre Daten über das Internet liefern. Bislang sind den beiden Amateuren nur bekannte Objekte ins Netz gegangen, aber Stoss ist zuversichtlich, dass sich das in absehbarer Zeit ändert.

Das Mikrofotometer von Peter Frank ermöglichte ihm die Entdeckung zahlreicher veränderlicher Sterne. Schon in den 1970er Jahren setzte er motorgetriebene Kameras für Belichtungsserien ein.

Ob er die stillen Nächte am Teleskop unter einem klaren Sternhimmel nicht vermisst? Früher, als er an der Starkenburg-Sternwarte auf Kleinplanetenjagd ging, sei ihm keine Anfahrt aus Darmstadt ins vierzig Kilometer entfernte Heppenheim zu viel gewesen, sagt Stoss. Fünfzig bis sechzig Nächte pro Jahr hat er sich dort um die Ohren geschlagen, jeden Kleinplaneten von Hand anvisiert, das Fernrohr per Fadenkreuzokular nachgeführt – und im Winter gefroren. »Nein«, sagt er, »ich vermisse es nicht übermäßig. Heute besteht der Reiz für mich darin, mein automatisches Beobachtungssystem immer weiter zu verbessern.« <<

Michael Vogel war lange Zeit aktiver Amateurastronom und lebt heute als Journalist in Bietigheim-Bissingen bei Stuttgart.



MICHAEL FRIEDRICH

Spur der Sterne

Der Einsteinturm ragt wie ein futuristisches Raumschiff in den Himmel. Er könnte der Fantasie eines heutigen Stararchitekten entstammen, wurde aber schon in der Weimarer Republik errichtet.

Der Telegrafenberg in Potsdam beherbergte einst das größte Linsenfernrohr der Welt.

>> Silvia Friedrich

Wer zu Besuch in Berlin weilt, der sollte auch Brandenburgs Landeshauptstadt Potsdam eine Visite abstatten. Direkt vor den Toren der Metropole gelegen und mit dem Nahverkehr gut erreichbar, bietet der Ort zahlreiche Sehenswürdigkeiten. Bei den vielen Schlössern und Museen, die in Potsdam zu besuchen sind, kann man ein wichtiges Gelände allerdings leicht übersehen: den Wissenschaftspark Albert Einstein, der in der Nähe des Potsdamer Hauptbahnhofs auf einer knapp hundert Meter hohen, bewaldeten Erhebung liegt.

Auf jenem Hügel stand ab 1832 der vierte von insgesamt 61 optischen Telegrafen der ehemaligen preußischen Telegrafenlinie, die, insgesamt 750 Kilometer lang, Berlin mit Koblenz verband. Die weithin sichtbaren Telegrafenstationen, alle zehn bis fünfzehn Kilometer aufgestellt, bestanden jeweils aus einem Mast, an dem sechs Arme befestigt waren. Jeder der Arme konnte in vier verschiedene Positionen gebracht werden, woraus sich insgesamt 4096 verschiedene Kombinationen ergaben.

Am Fuß jedes Masts befand sich eine Stube, von der aus Soldaten per Fernrohr die jeweils vorhergehende Station beobachteten, um deren Armstellungen abzulesen und der nachfolgenden Station zu signalisieren. Eine Art Morsealphabet erlaubte es, Zahlen, Buchstaben, Wörter und sogar ganze Sätze zu übermitteln. Ein Satz mittlerer Länge konnte solcherart in nur fünfzehn Minuten von Berlin bis zum Rhein durchgegeben werden. Und das zu einer Zeit, als der Fernverkehr mit Postkutschen abgewickelt wurde!

Freilich funktionierte das Ganze nur bei guter Sicht, also gutem Wetter – und das war häufig nicht gegeben. Aus diesem Grund wurde die optische nach und nach von der elektrischen Telegrafie verdrängt. 1849 gab Preußen seine optische Telegrafenlinie endgültig auf. Die Anhöhe in Potsdam behielt ihren Namen »Telegrafenberg« jedoch; in der >

> Folgezeit geriet der Hügel allerdings immer mehr in Vergessenheit.

Mitte des 19. Jahrhunderts entwickelte der Physiker Gustav Robert Kirchhoff zusammen mit dem Chemiker Robert Wilhelm Bunsen in Heidelberg die Spektralanalyse. Sie bot die Möglichkeit, aus dem Licht eines Sterns dessen chemische Zusammensetzung abzuleiten, und sollte bald eine wichtige Rolle in der Astrophysik spielen. Mit Blick auf das neue Messverfahren regte der Direktor der Berliner Sternwarte, Wilhelm Julius Foerster, die Gründung eines modernen Sonnenobservatoriums an. Sein Vorschlag führte 1874 zur Gründung des Astrophysikalischen Observatoriums Potsdam (AOP).

Bei der Suche nach einem geeigneten Standort dafür kam man auf den Telegrafenberg, da er eine Reihe von Vorteilen aufwies: dichter Mischwald, der für ein gutes Beobachtungsklima mit wenig atmosphärischen Turbulenzen sorgte, eine besondere Reinheit der Luft sowie eine erschütterungsfreie Lage. Auch andere Wissenschaftseinrichtungen profitierten von diesen Bedingungen. Bis zur Jahrhundertwende entstanden auf dem Telegrafenberg neben dem Observatorium das Meteorologisch-Geomagnetische Observatorium und das Geodätische Institut. Alle diese Einrichtungen waren damals nach modernsten Kriterien ausgestattet und errangen in kurzer Zeit weltweite Bedeutung.

Eine Sternstunde erlebten die Forscher im Jahr 1899. Bei einem Festakt im Beisein Kaiser Wilhelms II. wurde auf dem Telegrafenberg das größte bis dahin gebaute Linsenfernrohr eingeweiht: ein fünfhunderttausend Goldmark teurer Doppelrefraktor, untergebracht in einer imposanten, drehbaren Kuppel mit einem lichten Durchmesser von 21 Metern und einer Masse von zweihundert Tonnen.

Doppelt gewaltig

Die riesige Anlage steht heute noch und kann vom staunenden Publikum in Potsdam bewundert werden. Der Doppelrefraktor setzt sich aus zwei Fernrohren zusammen, eins für unmittelbare optische Beobachtungen, das andere für die Astrofotografie. Das größere Rohr hat ein Achtzig-Zentimeter-Objektiv und gut zwölf Meter Brennweite, das kleinere dient mit seinem Fünfzig-Zentimeter-Objektiv und 12,50 Meter Brennweite als Leitrohr.

Der »Große Refraktor« von Potsdam ist heute das viertgrößte Linsenteleskop der Welt, der bewegliche Teil des Fernrohrs wiegt sieben Tonnen. Unfreiwillige Berühmtheit erlangte das Instrument anfänglich durch die mangelhafte Güte der Objektive. Sie veranlasste den am AOP tätigen Professor Johannes Hartmann, eine Methode zur Prüfung von Fernrohrobjektiven zu entwickeln, den heute noch verwendeten Hartmann-Test. Dem damals noch unbekannten Optiker Bernhard Schmidt – der spätere Erfinder des Schmidt-Teleskops – wurde die Überarbeitung des Fünfzig-Zentimeter-Objektivs anvertraut. Schmidt veredelte es zu einer Linse hervorragender Güte.

Leider konnte der Große Refraktor die an ihn gestellten Erwartungen nicht ganz erfüllen. Dennoch ermöglichte er einige herausragende wissenschaftliche Ergebnisse. Darunter waren die Entdeckung der interstellaren Materie mit Hilfe von ruhenden Kalziumlinien im Spektrum des Doppelsterns Delta Orionis durch Johannes Hartmann 1904 und die Entdeckung stellarer Kalziumemissionen durch Gustav Eberhard und Hans Ludendorff um 1900. Nach und nach ging die Bedeutung des Potsdamer Riesenteleskops jedoch zurück. Zum einen zeigte sich, dass Spiegelteleskope für spektroskopische Untersuchungen besser geeignet waren als Linsenfernrohre. Zum anderen verschlechterten sich die astronomischen Beobachtungsbedingungen im Umfeld Berlins immer mehr.

1924 rückte der Telegrafenberg plötzlich wieder in den Mittelpunkt wissenschaftlichen Interesses. Fünf Jahre zuvor hatten britische Forscher während einer Sonnenfinsternis die Ablenkung des Lichts durch die Masse der Sonne bewiesen und damit Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie bestätigt (AH 10/2004, S. 20). Deutschland wollte das wissenschaftliche Ansehen Einsteins nutzen, um sein internationales Renommee nach dem verlorenen Ersten Weltkrieg wieder aufzuwerten. Die Weimarer Republik bewilligte daher staatliche Gelder für den Bau eines Sonnenobservatoriums in Potsdam, das einen unumstößlichen Beweis für die Relativitätstheorie erbringen sollte.

Das Gebäude, das äußerlich einem U-Boot ähnelt, wurde von der Öffentlichkeit schon bald »Einsteinturm« genannt. Es dient als äußere Hülle für ein Linsenteleskop mit sechzig Zentimeter Öffnung und einer Brennweite von vierzehn Metern. Dieses »Turmfernrohr« sollte die von der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagte Rotverschiebung von Spektrallinien im Schwerefeld der Sonne

Von Berlin bis Koblenz erstreckte sich die preußische Telegrafenlinie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Jeder Telegraf konnte mittels sechs beweglicher Zeiger zahlreiche optische Signale übermitteln (links). Botschaften gelangten so minutenschnell von Berlin zum Rhein – und das im Zeitalter der Postkutschen (rechts)!

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

Aus urheberrechtlichen Gründen können wir Ihnen die Bilder leider nicht online zeigen.

MICHAEL FRIEDRICH

nachweisen. Das Vorhaben misslang jedoch, weil der Effekt auf der Erde nicht messbar ist.

Dennoch nahmen im Einsteinturm wichtige Entwicklungen der Sonnen- und Plasmaphysik ihren Anfang. Dazu gehören die herausragenden Arbeiten Walter Grotrians zur Sonnenkorona oder Beobachtungsprogramme wie die »Potsdamer Photometrische Durchmusterung«. Einstein selbst unterstützte den Bau und den Betrieb des Sonnenobservatoriums, arbeitete hier jedoch nicht ein einziges Mal.

Es folgten wechselvolle Jahre. Nach der Machtergreifung der Nationalsozialisten ging es mit dem Wissenschaftsstandort Potsdam bergab; die Vertreibung jüdischer Mitarbeiter und der Ausbruch des Zweiten Weltkriegs führten zur Einstellung der astronomischen Forschung. Ein Neubeginn nach dem Krieg erwies sich als sehr schwierig. Viele Gebäude, darunter der Einsteinturm, hatten schwere Schäden erlitten. Der mechanische Teil des Großen Refraktors war durch einen Luftangriff in Mitleidenschaft gezogen worden. Wertvolle Beobachtungsinstrumente wurden demontiert und als Reparationsleistung an die Sowjetunion geliefert.

In den 1950er Jahren ging die Firma Carl Zeiss Jena daran, den Großen Refraktor zu reparieren und zu modernisieren. 1968 stellte man die Arbeit mit dem Instrument jedoch ein, schon bald darauf war es wegen mangelnder Pflege nicht mehr nutzbar. Ende der 1990er Jahre gründete sich der »Förderverein Großer Refraktor Potsdam«, der es sich zum Ziel gesetzt hat, das ehemalige Teleskop vor dem völligen Verfall zu retten. Das hundertjährige Jubiläum des Riesenfernrohrs am 26. August 1999 markierte einen Wendepunkt: Das Kultusministerium stellte Gelder für Entrostungs- und Anstricharbeiten bereit; Stiftungs- und Fördermittel ermöglichten es, die Restaurierung des imposanten Instruments in Angriff zu nehmen.

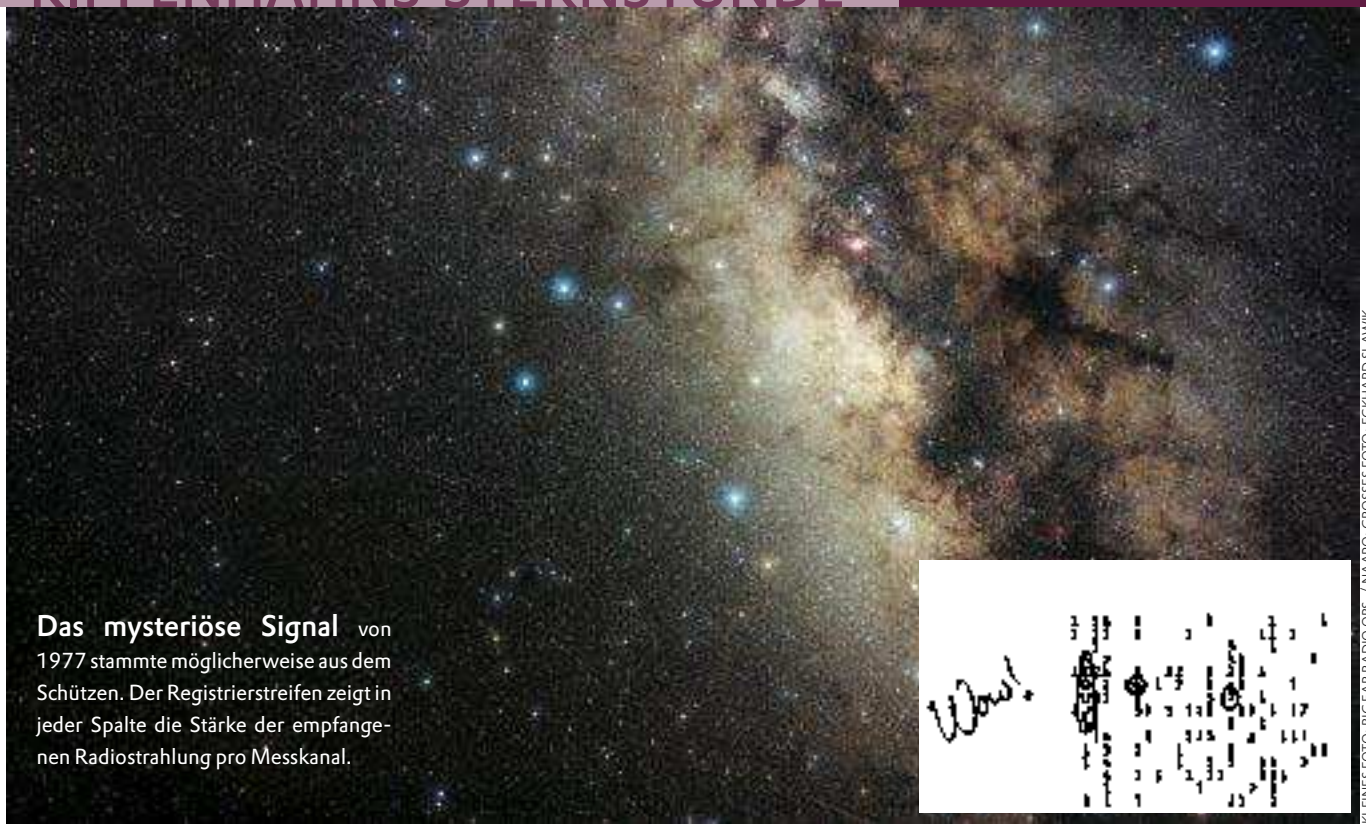
In altem Glanz

2003 trat das Linsenteleskop, sorgsam verpackt, die Reise zum Carl-Zeiss-Werk nach Jena an. Die Firma 4H-Jena-Engineering GmbH war drei Jahre lang mit der Restaurierung der 4500 Einzelteile und der Optik beschäftigt. Im Juni 2005 erfolgte der Wiedereinbau des Instruments in die inzwischen sanierte Kuppel. Viele Menschen hatten sich auf dem Telegrafenberg versammelt, um dem Ereignis beizuwohnen. Die Sanierungsarbeiten laufen noch, aber schon jetzt lässt sich die Kuppel wieder drehen und die ehemals schwergängige Abdeckung ohne Probleme öffnen. Die Arbeiten sollen 2006 abgeschlossen sein.

Der Große Refraktor von Potsdam war seinerzeit das größte Linsenfernrohr der Welt. Das Hauptrohr hat eine Öffnung von 80 Zentimetern und eine Brennweite von zwölf Metern.

Ab dem Frühsommer können alle Besucher hautnah erleben, wie man das sieben Tonnen schwere Teleskop früher mit Hebeln und Kurbeln bewegte. Bis dahin lohnt es, den »Wissenschaftspark Albert Einstein« einfach mal so zu besuchen. Obwohl man den Einsteinturm nur von außen besichtigen kann – drinnen wird nach wie vor intensiv geforscht –, lockt das Gebäude tausende Besucher aus aller Welt an. Die Potsdamer Astronomen haben sich die Erkundung des Himmels zur Aufgabe gemacht – vielleicht immer noch inspiriert durch den Geist Einsteins, den man zu spüren meint, wenn man sich am Telegrafenberg in Potsdam auf die Spur der Sterne begibt. <<

Silvia Friedrich hat an der Freien Universität Berlin Jura studiert und arbeitet heute als freie Journalistin in Berlin und Brandenburg.



Das mysteriöse Signal von 1977 stammte möglicherweise aus dem Schützen. Der Registrierstreifen zeigt in jeder Spalte die Stärke der empfangenen Radiostrahlung pro Messkanal.

KLEINES FOTO: BIG EAR RADIO OBS. / NAAPO; GROSSES FOTO: ECKHARD SLAWIK

Was hat »Großes Ohr« gehört?

Der Ursprung eines rätselhaften Funksignals von 1977 ist bis heute nicht geklärt. Stammte es aus dem All?

>> Rudolf Kippenhahn

Big Ear, das klingt wie der Name eines besonders hellhörigen Jägers vom Stamm der Shawnee-Indianer. Tatsächlich aber heißt so das Radioteleskop der Universität des amerikanischen Bundesstaats Ohio – dort, wo die Shawnee vor mehr als 200 Jahren unter ihrem Häuptling Tecumseh lebten. Mit Hilfe dieses Teleskops suchten die Astronomen John Kraus und Robert Dixon im Jahr 1965 den Nordhimmel nach Radiostrahlung ab.

Sie fanden zirka 20 000 bis dahin unbekannte Radioquellen und erstellten den damals genauesten Katalog solcher Objekte. Danach überredete Dixon seinen Chef Kraus, Big Ear für eine systematische Suche nach Funksignalen außerirdischer Zivilisationen einzusetzen. Nach jahrelangen Messungen beobachteten sie etwas in der Tat sehr Seltsames – aber um genauer zu verstehen, was, müssen wir kurz darauf eingehen, wie Big Ear funktionierte.

Die Radiostrahlung aus dem Weltall trifft mit sehr geringer Intensität auf der Erde ein. Deshalb müssen Radiowellen kosmischer Objekte über große Flächen gesammelt und mehrfach verstärkt werden. Big Ear erreichte das mit Hilfe zweier Reflektoren aus Drahtgeflecht.

Ein Nachrichtenkanal im All?

Der erste davon fing die Radiostrahlung ein und warf sie in den zweiten, der wie ein Hohlspiegel geformt war. Jener zweite Reflektor bündelte die Radiostrahlung in seinem Brennpunkt, wo sich nebeneinander zwei Hornantennen befanden. Die Antennen empfingen das Signal, verstärkten es und leiteten es weiter.

Die Anlage konnte nur Strahlung empfangen, wenn – infolge der Erddrehung – die Quellen bei ihrer Bewegung von Ost nach West am Himmel gerade durch die Nord-Süd-Linie gingen. Im Lauf eines Tages tastete das Teleskop einen Streifen des Himmels ab, der an seiner Blickrichtung vorbeizog. Durch Änderung der Neigung des flachen Reflektors konnte der Abstand des Streifens vom Himmelsäquator geändert und so der ganze Nordhimmel überdeckt werden. Sobald eine Radioquelle in das Gesichtsfeld des Teleskops wanderte, fiel ihre gebündelte Strahlung zunächst 72 Sekunden lang auf die westliche Hornantenne, dann, einige Minuten später, auf die östliche – wiederum 72 Sekunden lang. Für die Suche nach außerirdischen Signalen hatten die Forscher eine Wellenlänge gewählt, die für Astronomen besonders interessant ist, nämlich die 21-Zentimeter-Welle, die der Radiostrahlung neutralen Wasserstoffs entspricht.

Wasserstoff ist das häufigste Element im Kosmos, daher tritt die 21-Zentimeter-Strahlung im Weltall gehäuft auf. Wenn es – so die Überlegung – Außerirdische gäbe, die in der Lage wären, Radio-

ALLE DREI FOTOS: SETI LEAGUE

Gewaltige Anlage Big Ears Reflektoren waren mächtige Konstruktionen (links). Ein Drahtgeflecht bildete ihre Spiegelfläche (Mitte). Als das Teleskop abgerissen werden musste, wollten Dixon – im Bild links – und Ehmann dem Abrissteam zuvorkommen und kappten die ersten Leitungen (rechts).

astronomie zu betreiben, dann müssten sie von der Besonderheit dieser Strahlung wissen. Sie würden dann vielleicht auch erwarten, dass die Astronomen anderer Welten bevorzugt auf dieser Welle in den Raum hinaushorchen.

Da der Satz von der Erhaltung der Energie überall im Universum gilt, ist anzunehmen, dass auch außerirdische Zivilisationen nicht über beliebige Energieressourcen verfügen. Sie müssen mit ihrer Energie also vermutlich sparsam umgehen – genau wie wir. Folglich werden sie, wenn sie senden, dies in einem engen Frequenzbereich tun, um mit geringem Energieeinsatz eine hohe Signalintensität und mithin eine große Reichweite zu erzielen. Aus diesem Grund trennte der Empfänger von Big Ear die ankommende Strahlung in fünfzig enge Frequenzkanäle, von denen jeder eine Breite von lediglich zehn Kilohertz umfasste.

Die Intensität der empfangenen Strahlung aller Kanäle wurde alle zwölf Sekunden auf einem Registrierstreifen in eine Zeile gedruckt, und zwar aus Platzgründen in Form von Ziffern und Buchstaben. Eine Signalintensität, die dem Fünffachen des Rauschhintergrunds entsprach, gab die Fünf, bei der sechsfachen Rauschintensität war es die Sechs und so weiter. Wurde die neunfache Stärke überschritten, kamen Buchstaben ins Spiel: A entsprach der zehnfachen, B der elffachen, U der dreißigfachen Rauschintensität. Wurde nichts empfangen, blieb die entsprechende Stelle auf dem Streifen leer.

Vier Jahre lang zeigte der Streifen keine Besonderheit. Jerry Ehman, einer der Mitarbeiter, hatte schon tausende Male nach dem Streifen geschaut und nie etwas Außergewöhnliches bemerkt.

Alarm auf Kanal 2

Doch am 15. August 1977 traute er seinen Augen nicht. Auf Kanal 2 war etwas los! Der Streifen zeigte dort eine maximale Signalstärke, die dem Buchstaben U entsprach – die dreißigfache Intensität des Himmelshintergrunds. In seiner Aufregung schrieb Ehman links auf den Streifen »Wow!«.

Die Strahlung war langsam auf ihren Höchstwert angestiegen und dann wieder abgefallen. Die Gesamtdauer des Signals betrug 72 Sekunden – exakt das, was zu erwarten gewesen war, wenn sich die Strahlungsquelle wie ein Fixstern über den Himmel bewegte. Es war also weder ein Flugzeug noch ein Satellit – diese wären schneller vorbeigezogen.

Wenn sich die Quelle wie ein Fixstern verhielt, musste ihr Signal nach etwa drei Minuten ein weiteres Mal auftauchen: dann nämlich, wenn ihre gebündelte Strahlung die zweite Hornantenne streifte. Doch das zweite Signal blieb aus. »Wow!« kam nicht wieder und hat es bis heute nicht getan.

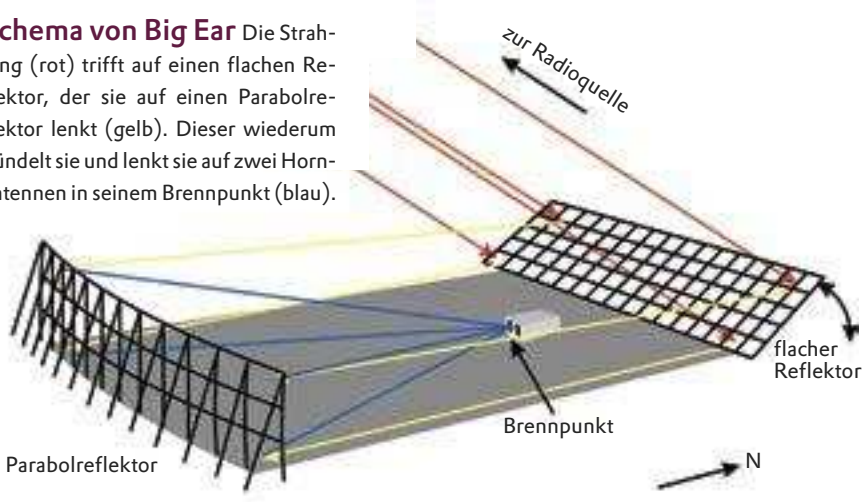
Warum erschien die Funksignatur nicht noch einmal, wie es sich für eine »ordentliche« Radioquelle am Himmel gehört hätte? Da der Registrierstreifen nicht erkennen lässt, welche Antenne das Radiosignal empfangen hatte, gibt es zwei Erklärungen: Entweder schaltete die Quelle sich ab, nachdem sie vor dem ersten Horn vorübergezogen war, oder sie begann erst zu senden, als sie das zweite Horn passierte.

Falls das Signal aus dem All kam, dann aus dem Sternbild Schütze, ungefähr aus der Richtung des galaktischen Zentrums. Mehrere Radioastronomen, vor allem der Seti-Forscher Robert Gray, haben inzwischen mit den besten Radioteleskopen nach Quellen gesucht, die wie die Wow!-Quelle in einem engen Frequenzbereich strahlen – ohne Erfolg.

Mit Big Ear können die Astronomen der rätselhaften Erscheinung nicht weiter nachgehen. Die Besitzer des Geländes erzwangen im Jahr 1997 den Abriss des Teleskops. Es waren allerdings nicht die ursprünglichen Landeigner, die Shawnee-Indianer, sondern die Spieler eines benachbarten Golfplatzes. Sie wollten ihr Gelände, auf dem sie sich bis dahin mit neun Löchern begnügen mussten, auf achtzehn Löcher erweitern. <<

Rudolf Kippenhahn leitete von 1975 bis 1991 das Max-Planck-Institut für Astrophysik in Garching. Seither lebt er als Schriftsteller in Göttingen.

Schema von Big Ear Die Strahlung (rot) trifft auf einen flachen Reflektor, der sie auf einen Parabolreflektor lenkt (gelb). Dieser wiederum bündelt sie und lenkt sie auf zwei Hornantennen in seinem Brennpunkt (blau).



RUDOLF KIPPENHAHN

Schöner als in Öl und Acryl

Wie auf den Leinwänden alter und neuer Meister: Brillant leuchten die Farben des Nachthimmels auf Fotopapier und CCD-Chips der Astrofotografen.

Wilde Jagd
Als dynamische Strichspuraufnahme macht Jäger Orion beinahe dem Himmelshektiker Merkur Konkurrenz. Um den Farbeindruck zu verstärken, wurde während der neunminütigen Belichtung zunehmend unscharf gestellt.
>> Nikolai Klassen

Blau wie von Yves Klein

Ein breiter Borstenpinsel scheint den Meropenebel über seinen namensgebenden Stern in den Plejaden gestrichen zu haben. Das kleine Foto im Kreis zeigt Merope noch einmal solo.

>> Stefan Seip

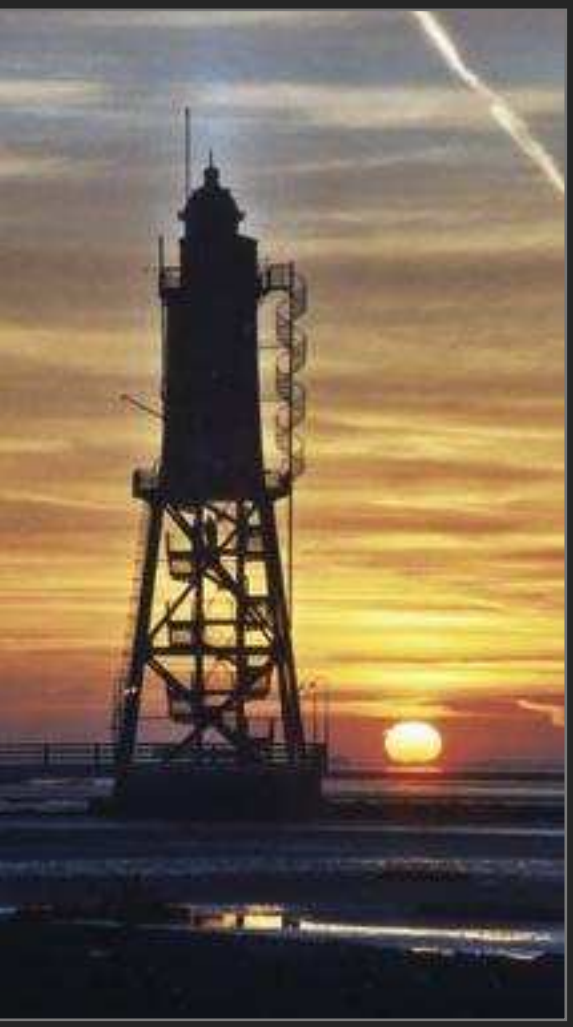
Mond mit Zugabe

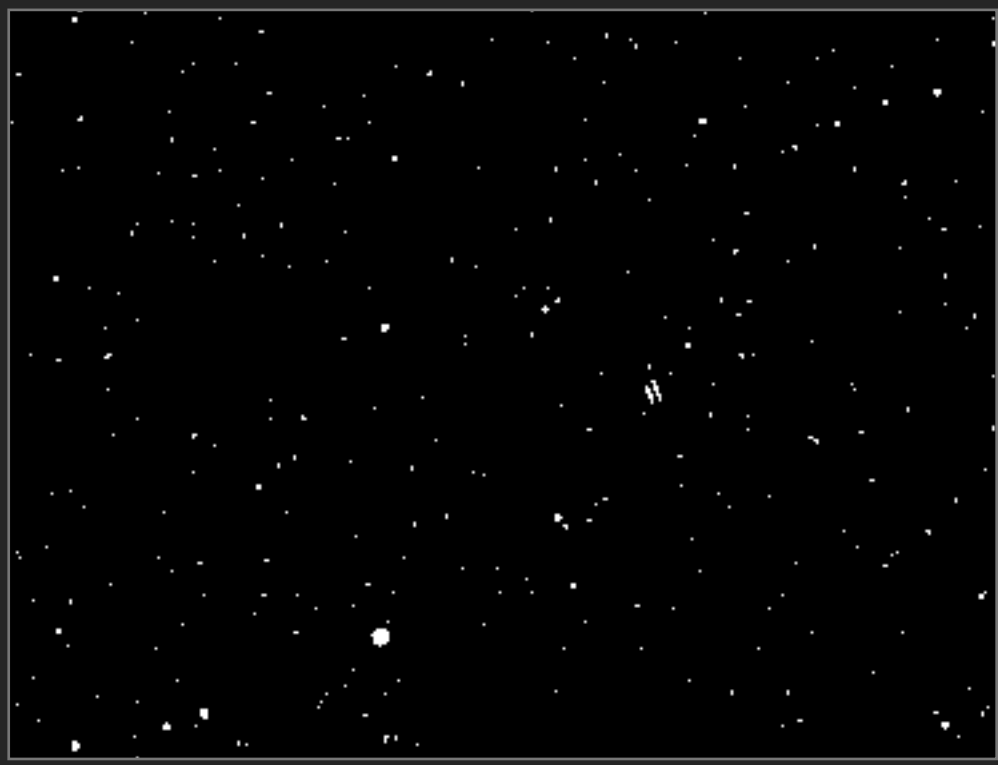
Flugzeuge durchkreuzten zufällig die beiden Aufnahmen. Links: Canon Eos 20D mit Tele Sigma 500, rechts: Nikon D100 und Tamron 300; beide mit Zweifachkonverter.

>> Stephan End (links), Thorsten Hoffmann (rechts)

Blubbern im Deep Sky
Im 4 ½-Zoll-Refraktor leistet der offene Sternhaufen M 52 (oben links) dem roten Bubblenebel NGC 7635 Gesellschaft. **>> Hartmut Bornemann**

Schlanke Schönheit
Venus in ihrer abnehmenden Phase, aufgenommen mit einem Zehn-Zoll-Refraktor und IR-Passfilter
>> Steffen Brückner





Wachwechsel
Hinter dem historischen Leuchtturm im Nordseebad Dorum geht die Sonne unter. Luftschichten unterschiedlicher Temperatur stauchen und verzerren ihr Bild über dem Horizont.
>> Torsten Damme

Diskus im Steilflug
Die Edge-on-Spiralgalaxie NGC 891 im Sternbild Andromeda, aufgenommen durch einen Vixen-ED114SSW-Refraktor auf einer Sphinx-Montierung
>> Hartmut Bornemann

Aus vier mach eins

Für den »multiplen Sonnenuntergang in Italien« drückte der Fotograf alle fünf Minuten auf den Auslöser und addierte die vier Bilder dann mit Giotto.

>> Patrick Rosyk

Dreiecksgalaxie …

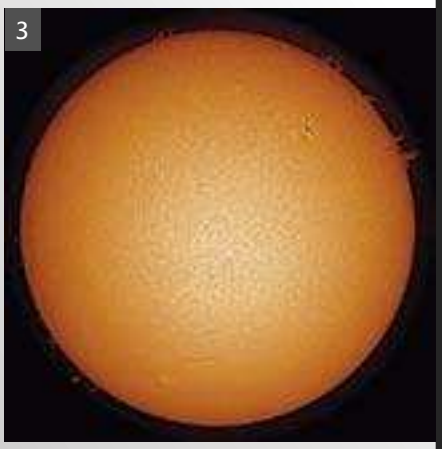
… heißt die Spirale M 33 nicht wegen ihrer Form, sondern weil sie sich im Sternbild Triangulum befindet. Für das H-Alpha-RGB-Komposit wurde mit Canon Eos 10D und 300D durch einen Zehn-Zoll-Newton fotografiert.

>> Mark Achterberg

Machen Sie mit: Wir freuen uns über Ihre »Glanzlichter« – schicken Sie uns Ihre besten Astrofotos!
Aus allen Einsendungen wählen wir einige der schönsten aus und veröffentlichen sie im Heft. (Bitte senden Sie uns hoch aufgelöste und ungezippte JPEG-Bilder. Geben Sie bitte auch Details über Teleskop, Kamera oder Aufnahmetechnik an.)

Adresse: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH • Redaktion ASTRONOMIE HEUTE • Postfach 10 48 40
D-69038 Heidelberg • E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de

Wenn bei Capri die rote Sonne …



H-Alpha-Filter zum Beobachten und Fotografieren der Chromosphäre, die tiefrote Bilder der Sonne erzeugen, werden immer beliebter. Diese Filter lassen nur das gelbe Licht des ionisierten Wasserstoffs passieren und blockieren alle anderen Wellenlängen. Doch mit diesem monochromatischen (einfarbigen) Licht tut sich nicht nur das Auge beim Blick ins Okular hin und wieder schwer: Auch bei der Fotografie tauchen Probleme auf.

Bei digitalen Kameras für den Alltagsgebrauch teilen sich je vier Pixel mit verschiedenen Farbfiltern die Bildinformation – zu Lasten der Auflösung. Auf der Sonnenscheibe sind die Kontraste bei vielen H-Alpha-Filtern extrem niedrig, der Helligkeitsunterschied zwischen der Scheibe und den schwachen Protuberanzen am Rand ist dagegen enorm. Je nach Filter und Kamera können nur zwei unterschiedlich belichtete Aufnahmen diese Differenz bewältigen: eine lang belichtete für die Protuberanzen und eine kurz belichtete für den Sonnenglobus. Schwarz-weiß arbeitende CCD-Kameras mit Digitalisierungstiefen von 12, 14 oder 16 Bit eignen sich am besten.

Das von Matthias Keschke eingereichte Rohbild (1) finde ich bereits gut gelungen. Es ist korrekt belichtet und das fertig bearbeitete Foto (2) hinsichtlich der Farbgebung sehr gefällig. Der verwendete Filter leuchtet die Sonnenscheibe gleichmäßig aus, der Helligkeitsschwerpunkt liegt in der Scheibenmitte. Der Schärfepunkt wurde möglicherweise leicht verfehlt. H-Alpha-Aufnahmen zu fokussieren ist nicht einfach. Zudem fällt ein starkes Bildrauschen auf, wahrscheinlich durch die Einstellung der Kamera (Nikon Coolpix 4300) auf Iso 400. Bei der Bildbearbeitung stört mich ein wenig, dass der Sonnenrand mit den Protuberanzen heller erscheint als die Sonnenscheibe, was nicht dem Blick durch das Okular entspricht.

Herr Keschke hat mir vier Rohbilder zur Verfügung gestellt, die ich mit Photoshop übereinander gelegt und gemittelt habe. Durch die Einstellung »Differenz« können sie als Ebenen jeweils deckungsgleich zur nächstunteren ausgerichtet werden. Dann wähle ich als Einstellung wieder »Normal« und stelle die »Deckkraft« auf fünfzig Prozent. Das habe ich mit jeweils zwei Bildern getan und die beiden Resultate wiederum auf die gleiche Weise gemittelt.

So erhielt ich ein Summenbild mit deutlich weniger Bildrauschen. Dessen Ebene habe ich dupliziert und bei einer durch eine kreisförmige Maske mit weich verlaufender Auswahlkante die Sonnenscheibe ausgeschnitten. Nun konnte ich in der oberen Ebene die Protuberanzen und unabhängig davon in der unteren die Sonnenscheibe bearbeiten.

Die Bilder wurden mehrfach scharfgezeichnet und das dadurch wieder verstärkte Bildrauschen mit dem Plug-in Neatimage (www.neatimage.com) bekämpft. Dann war nur noch eine Kontraststeigerung und das Einfärben (unterschiedliche Parameter für die beiden Ebenen) notwendig.

Diese Einstellungen und einen Vorschlag, wie Sie Ihre H-Alpha-Bilder von der Sonne bearbeiten können, finden Sie auf meiner Webseite: www.astromeeting.de/halpha.htm. Ich wünsche Herrn Keschke auch für die Zukunft gelungene Aufnahmen!

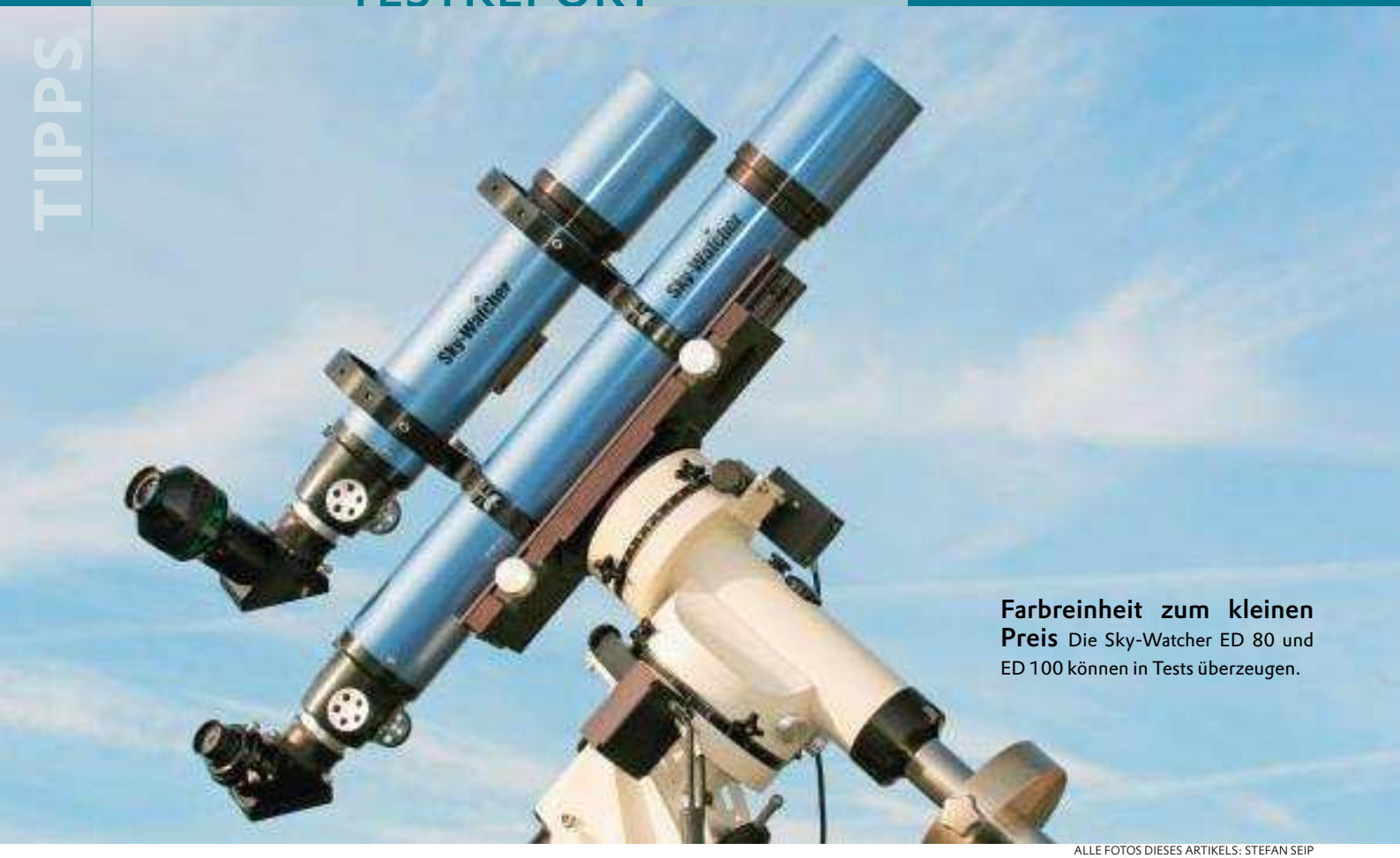
>> Stefan Seip

Das Tüpfelchen auf dem i

fehlte Matthias Keschke auf seinen Sonnenfotos, daher fragte er nach Verbesserungstipps. Links das Rohbild, in der Mitte seine bearbeitete Version und rechts der Vorschlag von Astrofotograf Stefan Seip.

Fototipps vom Experten

Ein schönes Motiv – doch Ihr Bild ist nicht optimal geworden? Astrofotograf Stefan Seip gibt Ihnen Tipps, wie Ihre Fotos noch besser werden. Schicken Sie uns Ihre bearbeitete Aufnahme und das Rohbild zu. redaktion@astronomie-heute.de



Farbreinheit zum kleinen Preis Die Sky-Watcher ED 80 und ED 100 können in Tests überzeugen.

ALLE FOTOS DIESES ARTIKELS: STEFAN SEIP

Auf die Plätze, achtzig, hundert!

Auf dem Markt der Linsenteleskope wird der Begriff »Mittelklasse« gerade neu definiert.

>> Stefan Seip

Geräte mit der Zusatzbezeichnung »ED« aus chinesischer Produktion versprechen eine deutlich bessere Bildqualität als die üblichen preisgünstigen Einsteigerfernrohre. Da ich eine Schwäche für Refraktoren habe, wollte ich wissen, was die Geräte in der Praxis taugen und verwendete zwei dieser ED-Teleskope für eigene Beobachtungen, eines mit achtzig und das andere mit hundert Millimeter Öffnung.

Einer der Nachteile von Refraktoren ist ihr Farblängsfehler, auch Farbfehler oder chromatische Aberration genannt. Er rührt daher, dass eine Linse nicht in der Lage ist, alle Farben des Spektrums in einem gemeinsamen Brennpunkt zu vereinen. Je ausgeprägter der Farbfehler ist, desto deutlicher erscheint um helle Objekte herum ein blauer bis violetter Lichthof. Bei der Beobachtung von Venus oder Mond sieht ein solcher Farbsaum nicht schön aus, bei Mars und Jupiter vereitelt er gar das Erkennen feiner Details.

Den Farbfehler mindern

Die chromatische Aberration eines Refraktors kann durch die Wahl spezieller Glassorten für die Linsen und/oder durch die Verwendung mehrerer Linsen im Objektiv verringert werden. Die Standardkonfiguration besteht aus zwei Linsen und vereinigt zwei verschiedene Wellenlängen in einem gemeinsamen Brennpunkt. Sie wird als »Achromat« bezeichnet und eignet sich besonders für Beobachtungen bei schwacher Vergrößerung, bei der geringe chromatische Aberrationen nicht auffallen. Optiken, die für drei Wellenlängen korrigiert sind, heißen Apochromat; sie sind praktisch frei von chromatischer Aberration.

Die beiden ED-Testkandidaten sind zwischen den Achromaten und den Apochromaten angesiedelt. Ihr Objektiv besteht aus je zwei Linsen, eine davon aus speziellem Glas, um den Farbfehler in den Griff zu bekommen. Die Bezeichnung »ED« weist auf diese Linse aus Sonderglas hin und steht für »Extra low Dispersion«. Um ED-Refraktoren von Apochromaten zu unterscheiden, bezeichnet man sie auch als Halb-, Semi- oder ED-Apochromaten.

Nach dem Auspacken gibt es schon die erste Überraschung – beide Geräte haben den gleichen Tubusdurchmesser von hundert Millimetern. Nur die Länge unterscheidet sich: Der ED 80 misst rund sechzig Zentimeter, der ED 100 über

neunzig (jeweils mit aufgesetzter Taukappe). Beim ED 80 muss die Taukappe auf die Objektivfassung gesteckt werden und sitzt dann ziemlich stramm, was die Demontage nicht gerade erleichtert. Beim ED 100 wird sie in ein sehr feines Gewinde geschraubt – ebenso wenig benutzerfreundlich. Die Tuben sind aus Aluminium und machen einen stabilen Eindruck. Ihre Lackierung in blau metallic ist Geschmacksache.

Grund zum Ärger bietet der frontseitige Schutzdeckel für die Taukappe. Er besteht aus Kunststoff, sitzt extrem fest und kann nur mit Mühe abgenommen beziehungsweise aufgesetzt werden. Da sind Lackschäden an der Kappe vorprogrammiert. Erfreuliches gibt es indes am anderen Ende des Tubus: Der Zwei-Zoll-Auszug in Crayford-Bauweise läuft butterweich. Zum Verstellen dienen formschöne Aluminiumräder mit einem Gummiband auf der Griffläche. Per Handschraube kann der Widerstand des Triebs eingestellt werden, allerdings gelingt auch nach beherztem Anziehen keine richtig feste Klemmung. Schweres, okularseitiges Zubehör droht in Zenitstellung trotz angezogener Schraube nach unten zu gleiten, sodass sich der Fokus verstellt. Bei relativ leichten Kameras, etwa einer Canon EOS 20D, besteht diese Gefahr aber nicht.

Wenig gelungen ist auch die Fixierung des okularseitigen Zubehörs in der Zwei-Zoll-Hülse mittels zweier Schräubchen. Diese haben einen zu kleinen Kopf, drücken direkt auf das Okular und hinterlassen dort unschöne Druckstellen. Dem mitgelieferten 1¼-Zoll-Adapter fehlt objektivseitig das Zwei-Zoll-Filtergewinde.

Die Vergütung der Objektivlinsen ist bei beiden Geräten makellos, wenn auch nicht auf dem neuesten Stand, was bei der Preislage aber auch nicht erwartet werden darf. Magentarot schimmert die Optik des ED 80, in tiefen Grüntönen die des ED 100, das hat aber keine Auswirkung auf die Farbgebung im Okular. Die Objektivfassungen beider Teleskope bieten keine Justiermöglichkeit; der Besitzer muss darauf hoffen, dass sich auch nach langem Gebrauch nichts verstellt. Der Blick von hinten in den Tubus ohne eingesetztes Okular zeigt eine Anzahl Blenden als Schutz vor störendem Streulicht sowie eine mattschwarze Lackierung, die im vorderen Teil jedoch nicht effektiv genug ist.

Höcker auf dem Zentralgestirn

Doch wie heißt es so schön: »Fernrohre sind zum Durchschauen da, nicht zum Anschauen.« Die Sonne musste als erstes Testobjekt herhalten. Schon bei niedriger Vergrößerung zeigte der ED 80 die Granulation ihrer Oberfläche. Mit dem ED 100 gelang bei höherer Vergrößerung sogar die Auflösung einzelner Granulen. Beim Betrachten von Sonnenflecken konnte ich bei keinem der Teleskope einen Farbsaum feststellen, auch nicht bei maximaler Vergrößerung mit einem Fünf-Millimeter-Okular (ED 80: 120fach, ED 100: 180fach). Eine so gute Abbildungsqualität kannte ich bisher nur von Voll-Apochromaten für ein Vielfaches des Preises. Beide ED-Geräte zeigten ein scharfes und knackiges Bild, das dem von Achromaten deutlich überlegen war, abgesehen davon, dass bei Maximalvergrößerung die Schärfe und der Kontrast leicht zurückgingen.

Die technischen Daten

	Sky-Watcher ED 80	Sky-Watcher ED 100
Öffnung (Millimeter)	80	100
Brennweite (Millimeter)	600	900
Öffnungsverhältnis	1 : 7,5	1 : 9
Lichtsammelvermögen gegenüber dem Auge	178×	278×
Auflösungsvermögen (Bogensekunden)	1,45	1,16
Visuelle Grenzgröße (Magnituden)	zirka 11,8	zirka 12,3
Sinnvolle Vergrößerung	12× bis 160×	16× bis 200×
Gewicht (Kilogramm)	2,6	3,4
ungefährer Preis (Euro)	400,–	800,–

Große Auswahl, kompetente Beratung, guter Service!

Aber damit geht es bei uns erst los! Bevor wir zu einem bestimmten Kauf raten, wollen wir sicher sein, Ihnen auch wirklich das Optimum des Verfügbaren in Bezug auf Ihre Bedürfnisse, Größe, Transportabilität, Qualität und Preis aus der Vielzahl der Marktanbieter herausgesucht zu haben. Wir stellen auf Wunsch das Instrument nicht nur auf, sondern wir weisen ein, beraten beim Zubehör, geben Ihnen Beobachtungstipps, ja wir beobachten auf Wunsch sogar mit Ihnen, um Ihnen den Einstieg in Ihr neues Hobby so angenehm und so einfach wie nur möglich zu machen.

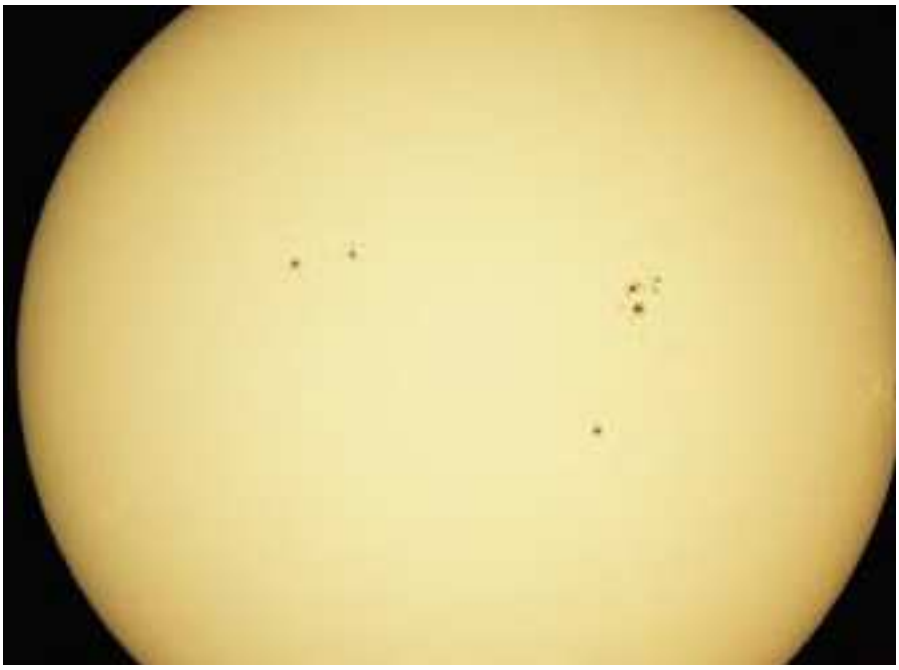
Und wenn's denn eine eigene Sternwarte sein soll, haben wir auch die passenden Beobachtungs-Kuppeln dazu. Von 2,3m über 3,2m bis 4m als preisgünstige Standardmaße und darüberhinaus als Sonderanfertigung bieten wir unsere Kuppeln nun bereits seit vielen Jahren in Europa an. GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff) als aus dem Bootsbau bekanntes und bewährtes Material bietet sich für Kuppeln ideal an. Unsere GFK

Astro-Kuppeln sind mehrteilige, verwindungssteife und formschöne Kuppelkonstruktionen aus Glasfaser-Polyesterkunststoff mit einem Kopfüber-Schiebetor und einer Ausstell-Horizontklappe (Größen ab 5m können alternativ mit seitlich verschiebbaren Toren hergestellt werden – wie zB. „Mount Palomar").

Profitieren Sie von der über 20-jährigen Erfahrung unserer Mitarbeiter, sprechen Sie mit unseren Fachkräften und vereinbaren Sie einen unverbindlichen Beratungstermin in unserem Ausstellungsraum. Wir freuen uns darauf, Sie bei uns begrüßen zu dürfen!

Viele weitere interessante Produkte sowie eine aktuelle Schnäppchenliste mit günstigen Angeboten finden Sie im Internet unter **www.astrocom.de**!

ASTROCOM GmbH/Abt. 3 • Lochhamer Schlag 6
D-82166 GRÄFELFING bei MÜNCHEN
☎ ☺ (089) 8583 660 • Fax (089) 8583 6677
eMail: service@astrocom.de • www.astrocom.de



Flecken, Fackeln und sogar die Granulation der Oberfläche sind auf diesem Foto des Zentralgestirns deutlich erkennbar. Es entstand im Sommer 2005 mit Hilfe eines ED 80 und einer digitalen Spiegelreflexkamera.

> Derart beeindruckt, fieberte ich der ersten Nachtbeobachtung entgegen. Zunächst schaute ich mir einen mittelhellen Stern bei höchster Vergrößerung an. Beide ED-Geräte zeigten um das zentrale Beugungsscheibchen des Sterns zwei konzentrische und gleichmäßig helle Beugungsringe – das entspricht der idealen Darstellung in einem Optiklehrbuch. Ein Blick auf den Orionnebel bestätigte diese Diagnose. Im Okular zeigten beide EDs superfeine Sterne, wie sie wohl nur ein Refraktor abbilden kann. Die Nebelmassen mit reichen Strukturen waren in beiden Teleskopen sehr kontrastreich zu erkennen.

Der Unterschied wurde jedoch deutlich, als ich die Trapezsterne im Zentrum des Orionnebels durch beide Optiken mit jeweils maximaler Vergrößerung betrachtete. Bereits der ED 80 zeigte die vier Hauptsterne gut aufgelöst und in aller Deutlichkeit; den fünften Stern, die »Komponente E«, konnte ich jedoch selbst nach intensiver Suche nicht finden. Anders beim ED 100 – hier war der fünfte Stern dank der größeren Öffnung gut zu erkennen. Weitere Beobachtungen bestätigten: Mit Ausnahme des leichten Kontrasteinbruchs bei den höchsten Vergrößerungen ist die Bildqualiät der ED-Geräte derjenigen eines teuren Apochromaten ebenbürtig. Die theoretische Leistungsgrenze, vorgegeben durch die Objektivöffnung, wird erreicht.

Wandelsterne im Blick

Die Königsdisziplin, bei der es auf eine leistungsstarke Optik ankommt, ist die Beobachtung von Planeten mit kontrastschwachen Details auf der Oberfläche. Die Mars-Opposition im November 2005 kam mir für einen Test wie gerufen. Für Vergleiche zog ich einen Sky-Watcher-Achromat mit 120 Millimeter Öffnung heran, den ich mit Pappblenden auf hundert und achtzig Millimeter reduzierte, um die Öffnungen anzugleichen. Zusätzlich verglich ich die EDs mit einem 105-Millimeter-Apochromaten von Astro-Physics, den ich auf hundert beziehungsweise achtzig Millimeter abblendete. Bei einer Brennweite von einem Meter betrug das Öffnungsverhältnis 1:10 (hundert Millimeter Öffnung) beziehungsweise 1:12,5 (achtzig Millimeter Öffnung).

Schon bei fünfzigfacher Vergrößerung wurde klar, dass der Achromat für die Beobachtung von Planeten kaum geeignet ist. Zu sehen war nur ein orangeroter Fleck, umgeben von einem hellen, blauvioletten Hof. An Oberflächendetails war nicht zu denken. Noch schlimmer wurde es, als ich die Vergrößerung steigerte: Je nach Fokuslage war das Marsscheibchen von kunterbunten Ringen umgeben und überlagert. Besser hätte man den Farbfehler nicht demonstrieren können!

Anders in den ED-Geräten. Bei Vergrößerungen bis etwa hundertfach war überhaupt kein Farbfehler feststellbar, oberhalb dieser Vergrößerung trat er lediglich ansatzweise auf. Der ED 100 zeigte auf Grund seines höheren Auflösungsvermögens deutlich mehr Oberflächendetails auf dem Mars. Achtzig Millimeter Öffnung scheinen mir für seriöse Planetenbeobachtungen die Untergrenze zu sein. Sowohl im ED 80 als auch im ED 100 war das beste Bild bereits unterhalb der physikalisch sinnvollen Maximalvergrößerung erreicht, beim ED 80 bei zirka neunzigfach, beim ED 100 bei zirka 140fach. Höhere Vergrößerungen brach-

Die Öffnung macht's Das Objektiv des ED 100 (rechts) sammelt mehr als anderthalbmal so viel Licht wie das des kleineren ED 80. Die Farbe der Optik hat keine Auswirkung auf den Farbeindruck im Okular.

ED-Teleskope haben einen nur sehr geringen Farbfehler. Das linke Bild wurde mit einem Achromaten, das rechte mit einem ED 100 aufgenommen. Auf dem rechten Bild sind fast keine Farbsäume zu sehen.

ten keinen Gewinn mehr. Der bei Deep-Sky-Objekten kaum störende Kontrasteinbruch im oberen Vergrößerungsbereich wirkte sich bei der Marsbeobachtung deutlich aus. Der Vergleich mit dem Voll-Apochromaten machte klar, dass Vergrößerungen bis zum Doppelten der Objektivöffnung in Millimetern ohne Kontrasteinbruch erreichbar sind. Fazit: Planetenbeobachtungen mit den ED-Refraktoren sind möglich, aber sie gehören nicht unbedingt zu ihren Stärken.

Bürde fürs Fernrohr

Um die Fotoqualitäten der EDs zu teten, verwendete ich eine Astro-CCD-Kamera mit großem Bildchip (24 × 36 Millimeter). Sie ist so schwer, dass ich sie mit einem starken Gummiband am Teleskop fixieren musste, weil ihr Gewicht den Okularauszug überforderte. Die Bilder waren in den Ecken sehr unscharf, da die Schärfenebene eines Refraktors gekrümmt ist. Abhilfe würde eine Bildfeld-Ebnungslinse schaffen, die jedoch für die Sky-Watcher-Geräte nicht angeboten wird. Das Problem verringert sich mit abnehmender Größe des Aufnahmechips, allerdings zeigte selbst der kleinere Chip einer Canon EOS 20D eine leichte Unschärfe in den äußersten Bildecken. Beim ED 80 ist das stärker ausgeprägt als beim ED 100. Trotzdem würde ich den EDs eine gute Astrofotografie-Eignung bescheinigen, vor allem im Vergleich zu anderen Geräten der gleichen Preislage.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl der ED 80 als auch der ED 100 ein außergewöhnlich hohes Leistungsniveau, bezogen auf den Anschaffungspreis, bieten. Selten zuvor gab es so viel Refraktor für so wenig Geld. Auch wenn in Sachen Mechanik noch Wünsche offen bleiben und der ED 80 deutlich kompakter sein könnte, rückt für viele der Traum von einem weit gehend farbfehlerfreien Refraktor in greifbare Nähe. Die Sky-Watcher-ED-Refraktoren eignen sich nicht nur für Beobachtungen, sondern können auch gut für die Astrofotografie genutzt werden.

Beide EDs liegen leistungsmäßig weit über einem Achromaten, ohne den Level eines Voll-Apochromaten zu erreichen. Allerdings würde ich sie nicht in der Mitte zwischen Apo- und Achromat ansiedeln, sondern stark in Richtung der Apochromaten. Zaubern können die Chinesen freilich auch nicht, und so bekommen Sie auch hier nicht den Rolls-Royce zum Discounterpreis. Sehr treffend können die Amerikaner das ausdrücken: Sie würden einen Sky-Watcher-ED-Refraktor als »Great Value« bezeichnen (ein Gerät mit sehr gutem Preis-Leistungs-Verhältnis), aber nicht als »Great Scope« (ein außergewöhnlich gutes Teleskop). <<

Stefan Seip ist Astrofotograf in Stuttgart und Liebhaber von Linsenfernrohren.

Bezugsquellen in Deutschland:
Fernrohrland, Fellbach, www.fernrohrland.de • megaoptics, Wildeshausen, www.megaoptics.de • Astroshop.biz, Landsberg a. Lech, www.astroshop.biz • ASTROCOM GmbH, Gräfelfing, www.astrocom.de

Sky-Watcher Homepage:
Deutsch: www.skywatcherteleskope.de • Englisch (Herstellerseite): www.skywatchertelescope.com

Mit der Taschenlampe als Sonne spielt Lunic Sonja die Mondphasen vor.

Wie kommt es eigentlich zu Finsternissen?

»Lunic, weißt du, warum wir immer die gleiche Seite des Monds sehen? Kann es sein, dass der Mond sich überhaupt nicht dreht? Und was ist mit seiner Form? Manchmal ist er voll, manchmal halb und dann wieder ist nur eine schmale Sichel von ihm zu sehen. Der Mond ändert sich ständig, und ich würde gerne verstehen, warum.«

»Gute Frage, Sonja, das werde ich dir erklären! Dafür darfst du mir etwas von der Sonnenfinsternis erzählen, die am 29. März stattfindet. Ich habe gehört, dass sich dabei der Mond vor die Sonne schiebt und sie verdeckt. Doch erst will ich deine Fragen beantworten. Komm, wir bauen uns ein Modell, damit wir es verstehen! Alles, was wir brauchen, ist eine Lampe als Sonne, dann eine Erde, einen Mond und ein Pappmännchen, das wir als Beobachter mit Knete auf der Erdkugel befestigen.«

Die Erde hält mit ihrer Anziehungskraft den Mond fest im Griff und zwingt ihn, sie zu umkreisen. Und weil er das tut, nennt man ihn auch den »Trabanten« der Erde. Auf seiner etwas schrägen, eiförmigen Bahn braucht er für eine Umrundung etwa 27 Tage. »Lassen wir also unser Mondmodell um die Erde kreisen«, schlägt Lunic vor, und Sonja dreht den grauen Mondball um die blaue Kugel ihres Modells. »Siehst Du nun, wie einem Erdling der Mond erscheint?«, fragt Lunic. »In der Position 1 ist er ganz dunkel, weil das Männchen nur seine Schattenseite zu sehen bekommt.« Die Astronomen nennen das Neumond. Lunic zeigt auf die zweite Postion. »Guck, hier sieht der Erdling einen halben Mond. Da jetzt mit jedem Tag mehr vom Trabanten zu sehen ist, spricht man vom zunehmenden Mond. In der Position 3 steht er etwas oberhalb hin-

ter der Erde.« »Hey«, ruft Sonja, »das ist der Zeitpunkt, wenn wir genauso wie der Erdling einen Vollmond sehen!« Lunic nickt: »Richtig erkannt. Und ab jetzt nimmt der Mond ab, bis er auf Position 4 wieder nur zur Hälfte beleuchtet ist – aus Sicht eines Erdlings zumindest.«

Die verschiedenen Formen des Monds, also Voll-, Halb- und Neumond, heißen Mondphasen. Sie entstehen, weil der Mond auf seiner Bahn um die Erde unterschiedlich von der Sonne angestrahlt wird.

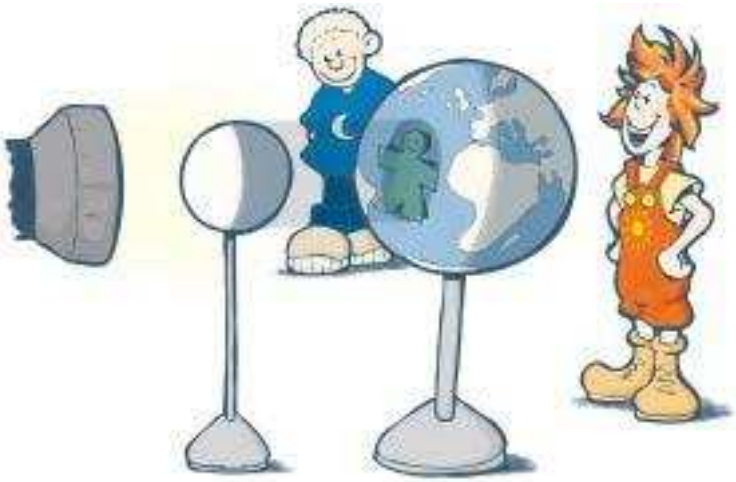
»Ja, endlich verstehe ich es«, freut sich Sonja. »Aber eins weiß ich auch: Wenn wir den Mond am Himmel sehen und schnell herausfinden möchten, ob er zu- oder abnimmt, können wir das mit Hilfe der Buchstaben a und z feststellen: a wie abnehmender und z wie zunehmender Mond.«

»Aber jetzt sag du mal, Sonja, wie verhält sich das mit der Sonnenfinsternis?«, fragt Lunic neugierig. »Stimmt es, dass die stattfindet, wenn sich der Mond zwischen Sonne und Erde schiebt, also bei Neumond?« »Ja, Lunic. Aber nur dann, wenn der Mond mit Sonne und Erde auf einer Linie steht. Sonst gäbe es ja jeden Monat eine Sonnenfinsternis. Probieren wir es doch mit unserem Erdling einmal aus!«

Die beiden stellen Sonne, Mond und Erde in einer Linie auf – und tatsächlich, der Erdling steht im Schatten! Und das, obwohl auf seiner Seite der Erde gerade Tag ist. »Weil der Mond sich meistens oberhalb oder unterhalb der Verbindungslinie von Sonne und Erde bewegt und die Sonne daher nicht bedeckt, sind Sonnenfinsternisse selten«, erklärt Sonja. »Und was passiert, wenn wir unseren Erdling ein bisschen nach oben oder nach unten schieben?«, will Lunic wissen. »Er sieht nur einen Teil der Bedeckung, eine partielle Sonnenfinsternis«, weiß Sonja. »Genau wie wir am 29. März. Denn dann wird die volle Bedeckung nur in Afrika, in der Türkei und Teilen Asiens zu sehen sein. Für uns in Mitteleuropa bedeckt der Mond in dem Moment nur einen Teil der Sonnenscheibe.« >

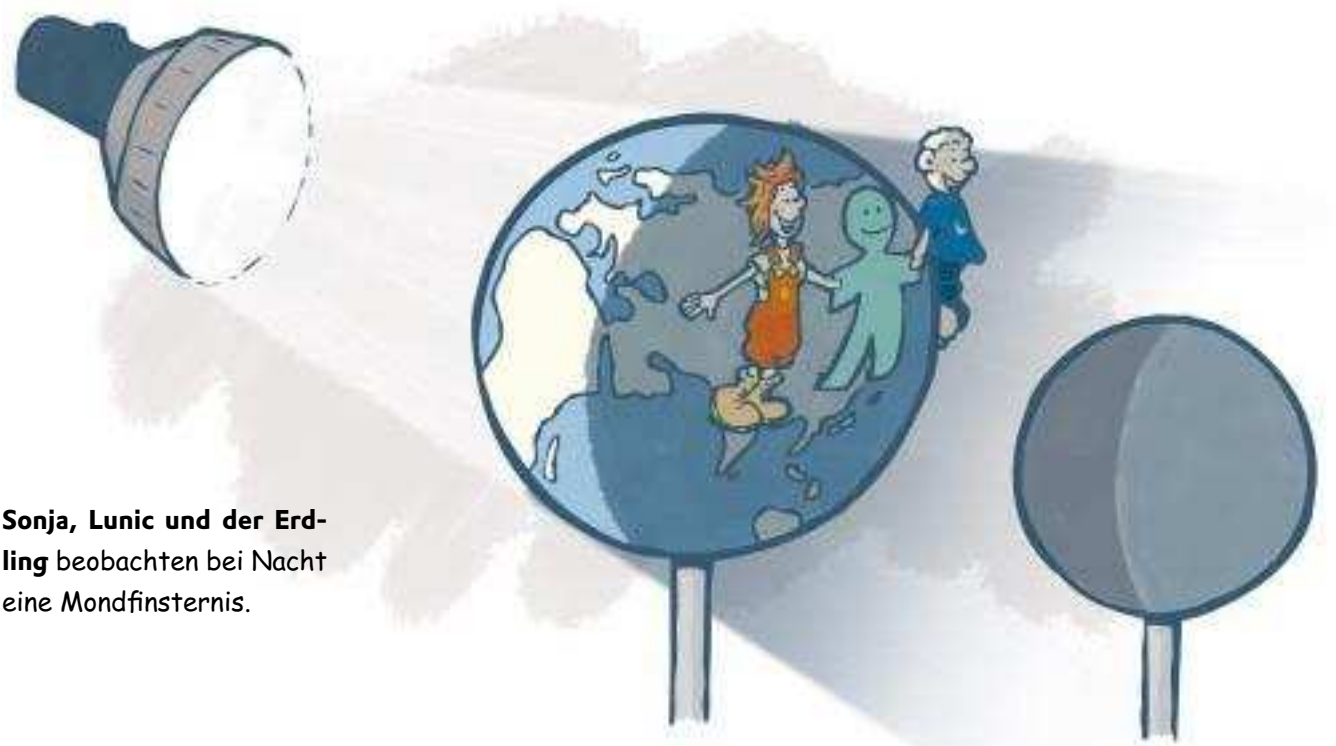
ECKHARD SLAWIK

Die Mondphasen: kurz nach Neumond, zunehmender Mond, Vollmond und abnehmender Mond



AH, EMDE-GRAFIK

Bei der Sonnenfinsternis schiebt sich der Mond genau zwischen Sonne und Erde.



Sonja, Lunic und der Erdling beobachten bei Nacht eine Mondfinsternis.

AH, EMDE-GRAFIK

› **Die Astronomen können Sonnenfinsternisse** genau vorhersagen. Bereits der Philosoph Thales von Milet, der 600 Jahre vor Christus lebte, verblüffte seine Zeitgenossen mit solchen Prophezeihungen. »Früher wussten viele Völker nicht, was bei einer Sonnenfinsternis passiert«, erzählt Sonja. »Sie befürchteten, dass an solchen Tagen die Sonne für immer erlischt.« »Was für eine schreckliche Vorstellung«, gruselt sich Lunic.

»Doch wie steht es mit einer Mondfinsternis?«, will nun Sonja wissen. Lunic stellt den Erdling auf die andere Seite der Erde, auf die Nachtseite. »Komm, wir sehen uns an, was passiert, wenn sich der Mond hinter die Erde schiebt«, sagt er.

»Nun schau mal, Sonja! Auch bei einer Mondfinsternis stehen Sonne, Erde und Mond auf einer Linie. Dann trifft der Schatten der Erde die Mondoberfläche. Wir können beobachten, wie er sich rund und dunkel über den Vollmond schiebt. Doch obwohl der Erdschatten den Mond ganz bedeckt, leuchtet dieser noch etwas. Und zwar ganz dunkelrot, denn ein bisschen Sonnenlicht durchdringt immer die Erdatmosphäre. Dadurch wird es rötlich, bevor es den Mond erreicht – ähnlich wie bei einem Sonnenuntergang.«

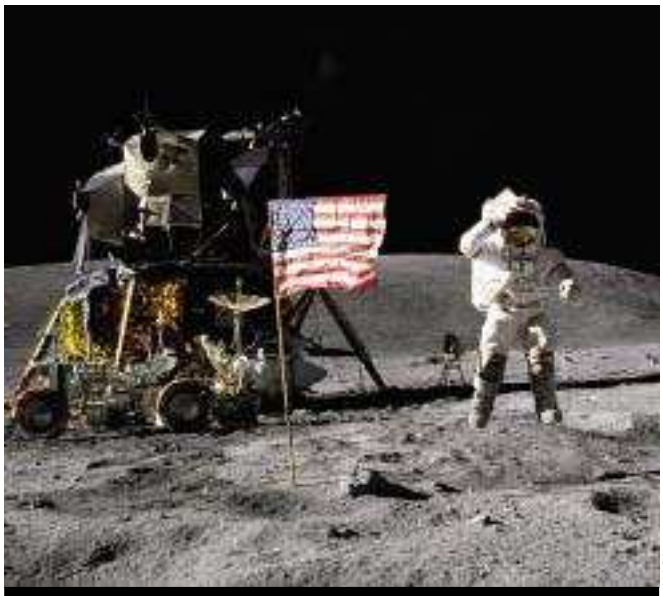
»Und warum sehen wir immer die gleiche Seite des Monds, die mit dem Mann, der Frau oder dem Krokodil (AH 1-2/2006, S. 84)?«, fällt Sonja noch ein. Auch das kann Lunic ihr verraten. »Das liegt daran, dass

Bei der Mondfinsternis färbt sich der Trabant rötlich.

NASA

sich der Mond während eines Umlaufs um die Erde genau einmal um seine eigene Achse dreht«, berichtet er. »Die Astronomen nennen das »synchrone Rotation«. Klingt echt interessant, nicht wahr?«

Lange Zeit wussten die Menschen aus diesem Grund nicht, wie die Rückseite des Monds aussieht. Erst als sowjetische und später amerikanische Raumsonden den Trabanten umkreisten, konnten sie Fotos davon machen. Auf der Rückseite hat der Mond mehr Krater als auf seiner Vorderseite. Vermutlich wirkt die Erde wie ein Schutzschild. Lunic fällt noch etwas Spannendes ein. »Weißt du was, Sonja? Ein Tag auf dem Mond dauert 14 irdische Tage!« »Wie bitte?«, staunt sie. »Ja, wenn Astronauten einen ganzen Monat lang im Meer der Ruhe arbeiten würden, bekämen sie 14 Tage und Nächte lang ununterbrochen Licht von der Sonne. Danach müssten sie aber auch eine zwei Wochen lange Nacht durchstehen.« Sonja staunt. »Wahnsinn«, sagt sie und schaut bewundernd in den Himmel zum Mond. ‹‹



NASA

Astronauten der Apollo-16-Mission auf dem Mond

Cecilia Scorza de Appl ist Astronomin und leitet die Astronomieschule für Kinder und Lehrer an der Landessternwarte, Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg.

Die Mondphasenschachtel

Du kannst eine Mondschachtel bauen, um die Mondphasen darzustellen und sie genau zu untersuchen. Dazu bemalst oder beklebst du die Innenseite einer leeren Schuhschachtel mit schwarzem Samtpapier. Außerdem brauchst du eine kleine Taschenlampe und einen hellgrau gefärbten kleinen Watteball, auf den du mit einem dunkleren Filzstift Krater zeichnest. Diesen »Mond« befestigst du mit einem Holzspieß und etwas Tesafilm am Deckel. Dann bohrst du in die vier Seiten der Schachtel je ein kleines Loch und ein noch größeres in die Seite, durch die du die Taschenlampe steckst. Nun knips die Taschenlampe an, mach den Deckel zu und schau deinen Mond von jeder Seite an. Was beobachtest du? Siehst du die Mondphasen? Du kannst auch eine Skizze auf Papier davon machen!

AH, EMDE-GRAFIK

In einem Karton kannst du die Mondphasen nachbauen.

Frühlingszubehör

Von Apochromat bis Zenitspiegel

William-Optics-80-Millimeter-Apochromat

>> Ein 80-Millimeter-Fluorid-Apochromat (Bild oben) ist das Geschenk von William Optics anlässlich des zehnjährigen Firmenjubiläums an seine Kunden. Mit einer Brennweite von 555 Millimetern und der perfekten Farbkorrektur durch ein Fluorid-Objektiv mit Luftspalt fangen die Besonderheiten erst an.

Das zweilinsige Objektiv hat eine hervorragende Optik, der Zwei-Zoll-Okularauszug besitzt eine Mikrofokussierung und ist um 360 Grad schwenkbar. Eine verschiebbare Taukappe sowie ein flugreisetauglicher Transportkoffer sind im Preis inbegriffen. Den William-Optics-Apo gibt es beim Teleskop-Service Ransburg für 1048,–€.
www.teleskop-service.de

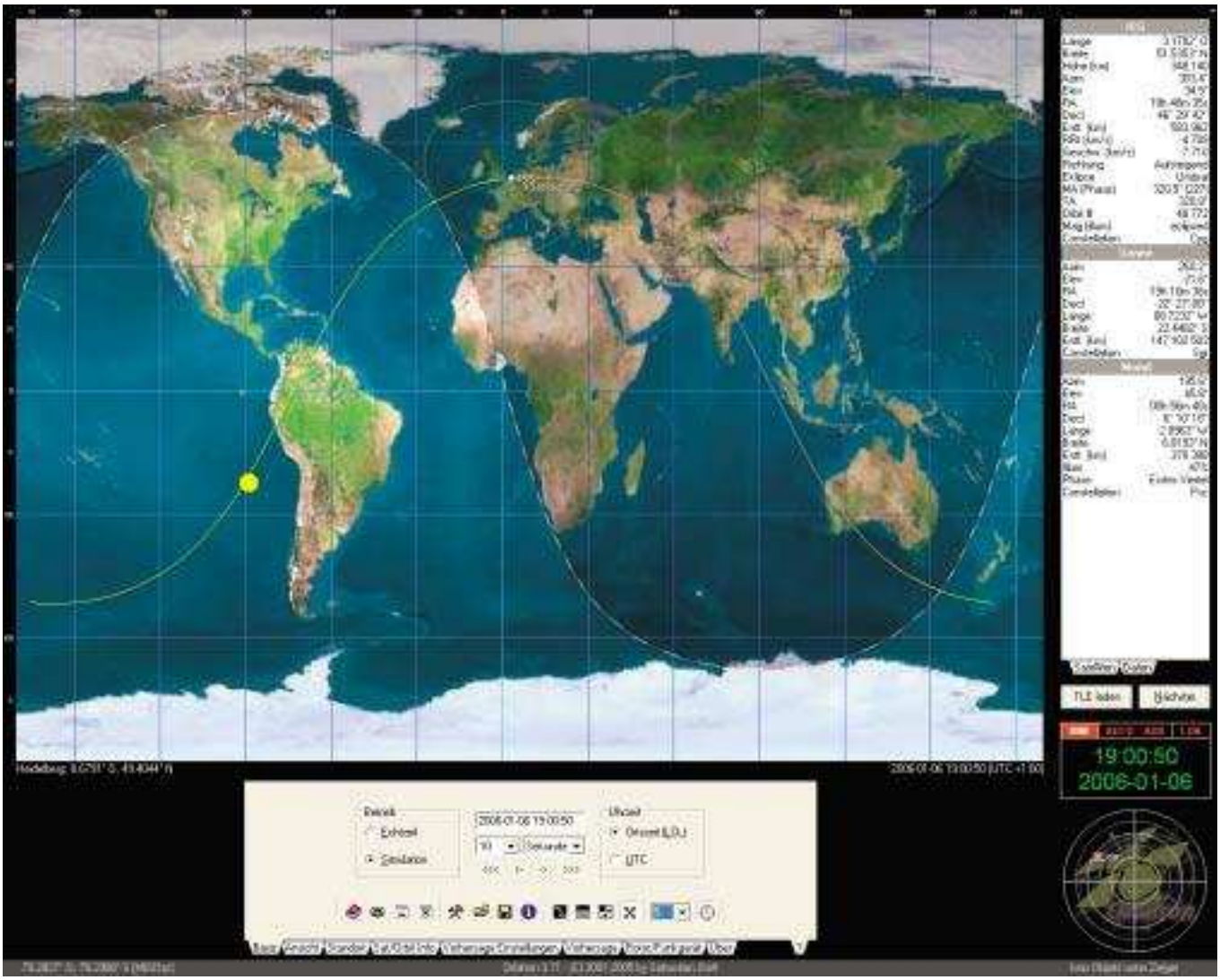
>> Der ICS SkyDob 3 von Intercon Spacetec ist eine kompakte, leichte Reisemontierung für kleine Refraktoren mit Öffnungen bis 85 Millimeter. Die sehr stabile Einarm-Gabelmontierung wird mit Hilfe eines $^3/_8$-Zoll-Adapters mit Messingzapfen auf einem Stativ befestigt. Dieser passt auf viele gängige Fotostative. Gleichzeitig dient der Zapfen auch als Drehlager im Azimut. Der Widerstand gegenüber der Bewegung ist einstellbar. Die Drehung läuft vollkommen ruckelfrei.

Der SkyDob 3 ist seit Februar 2006 im Handel erhältlich und kostet 375,–€. Ab April ist eine baugleiche, aber größere Montierung – der SkyDob 5 für Refraktoren mit bis zu fünf Zoll Öffnung – lieferbar. Er kostet 499,–€.
www.intercon-spacetec.de

Dielektrischer Zenitspiegel von Teleskopservice

>> Einen dielektrischen Zwei-Zoll-Zenitspiegel mit einer Reflektivität von bis zu 99 Prozent (Bild links) gibt es jetzt beim Teleskop-Service Ransburg. Dieser Zenitspiegel überzeugt nicht nur durch seine besonders hohe optische Qualität, sondern auch wegen seiner soliden mechanischen Verarbeitung. Er steckt in einem stabilen Vollmetallgehäuse. Die De-Luxe-Version bietet die sagenhafte Reflektivität von 99 Prozent – ein Wert, die von anderen Zenitspiegeln nur schwer erreicht wird. Im Preis von 139,–€ ist eine komfortable Ringklemmung aus Messing sowie ein Reduzierstück von zwei Zoll auf 1¼ Zoll inbegriffen.
www.teleskop-service.de

>> Mit der Dioptrx-Linse beschert TeleVue nun auch vielen Brillenträgern endlich mehr Beobachtungsspaß am Fernrohr. Denn Dioptrx schafft es, den Astigmatismus des Auges – also den »Zylinder« – auszugleichen, was mit normalem Fokussieren nicht möglich ist. Dadurch gehört der unangenehme Okulareinblick für Brillenträger mit all seinen negativen Effekten wohl endgültig der Vergangenheit an. Die multivergütete Dioptrx-Linse liefert zudem einen wesentlich besseren Kontrast als ein herkömmliches Brillenglas. Sie ist von 0,25 bis 2,5 Dioptrien in Schritten von 0,25 Dioptrien lieferbar und leicht zu montieren: Ersetzen Sie einfach die Augenmuschel am Okular durch die Linse! Den richtigen Zylinderwinkel haben Sie dann erreicht, wenn das Bild des Sterns, den Sie beobachten, perfekt rund ist. Die Verbesserung in Bildqualität und -schärfe ist bei niedriger Vergrößerung – also großer Austrittspupille – besonders groß. Dioptrx passt auf alle TeleVue-Okulare mit großer Augenmuschel, die langbrennweitigen Nagler- und Panoptic- sowie alle Radian-Modelle. Preis: 99,–€
www.intercon-spacetec.de



Satelliten überall

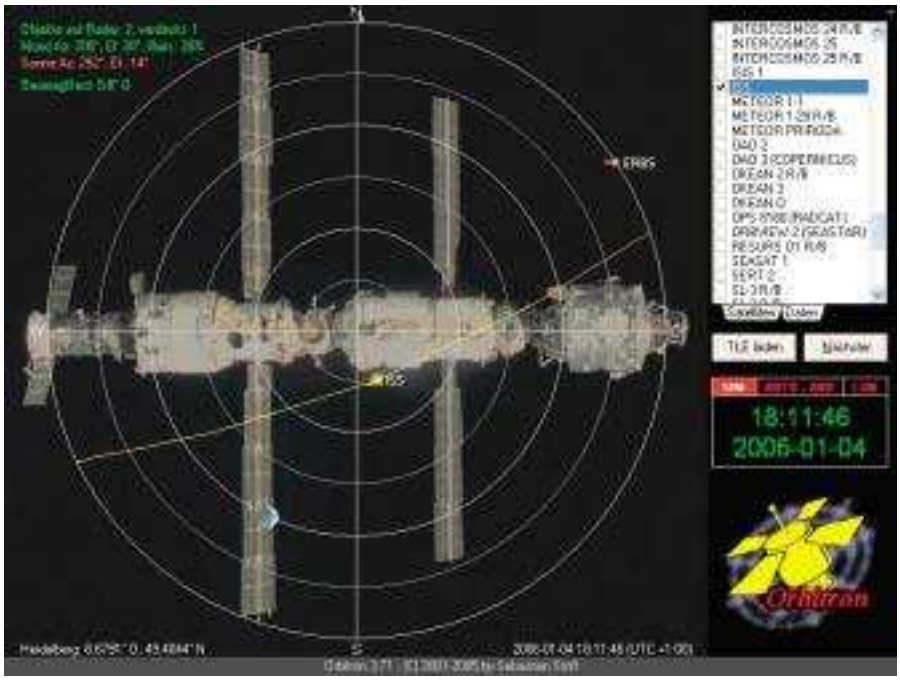
Holen Sie sich mit Orbitron ein kleines Raumfahrtkontrollzentrum auf Ihren Windows-PC. **>> Jeff Foust**

Das ist Ihnen vielleicht auch schon passiert: Sie schauen zum Sternhimmel empor, beginnen sich zu orientieren und plötzlich bewegt sich ein Lichtpunkt gemächlich und ohne das typische Blinken von Flugzeugpositionslampen. Was mag das sein?

Sie können recht häufig Satelliten über den Himmel ziehen sehen (AH 1-2/2006, S. 32). Gerade in den Stunden kurz nach Sonnenunter- oder vor Sonnenaufgang zieht die Internationale Raumstation ISS manchmal mit bis zu 0. Größe als eines der hellsten Objekte über den Nachthimmel hinweg. Eine überraschend große Zahl von Objekten im Orbit können Sie schon mit bloßem Auge erspähen (AH 12/2005, S. 6, 1. Leserbrief).

Hat eines davon Ihr Blickfeld gekreuzt, wollen Sie anschließend vielleicht auch wissen, um welches es sich handelte. Dafür hat der polnische Programmierer Sebastian Stoff (sebastian@stoff.pl) die Software Orbitron geschrieben, die Ihnen nicht nur bei der nachträglichen Identifikation, sondern auch bei der Planung bevorstehender Satellitenbeobachtungen tatkräftig zur Seite steht. Das Programm können Sie kostenlos aus dem Internet laden. Genau genommen handelt es sich aber nicht um Freeware, sondern um »Cardware«: wenn Ihnen das Programm gefällt, bittet der Autor um eine Ansichtskarte!

Die Hauptansicht von Orbitron dominiert eine Weltkarte, in welche die Überflugpositionen der gerade ausgewählten Satelliten projiziert werden (oben: ISS). Rechts im Fenster können Sie aus einer



Satellitensteuerung Orbitrons Hauptbildschirm zeigt eine Weltkarte in Zylinderprojektion (links). Hier wurde die Internationale Raumstation ISS aus der mitgelieferten Raumsondenliste ausgewählt. Details zur Umlaufbahn eines Satelliten erscheinen rechts im Bild, während die Programmsteuerung in Form von Karteikarten den unteren Teil des Bildschirms einnimmt.

Ziel anvisiert Die einem Radarschirm nachempfundene Ganzhimmelsansicht zeigt die Positionen des Monds und aller ausgewählten Satelliten – leider ohne den Sternhimmel. Man kann sie allerdings mit einem Hintergrundbild versehen, wie hier mit der ISS.

Liste eine Raumsonde auswählen und detaillierte Informationen über sie abfragen. Der so genannte Radar in der rechten unteren Ecke zeigt in einer kleinen azimutalen Himmelsansicht diejenigen Satelliten, die Sie von Ihrem Beobachtungsstandort aus sehen können. Diesen klicken Sie zuvor in einer Liste an oder geben ihn manuell ein.

Einsteiger lassen sich von der Bedienung und Darstellung möglicherweise etwas verwirren: Das Programm schert sich nicht um die üblichen Windows-Standards, es startet im Vollbildmodus, ohne Task- oder Titelleiste anzuzeigen. Ein Klick auf den winzigen grauen Punkt oben rechts im Bild ändert dies jedoch zu einem gewohnteren Erscheinungsbild. Auch die üblichen Menüs suchen Sie vergeblich – sie wichen einer Sammlung von Karteikarten im unteren Teil des Bildschirms. Die sind jedoch einfach zu benutzen, und wenn Sie die Weltkarte in voller Größe sehen wollen, blenden Sie die Reiter aus.

Sie können das Programm auf vielfältige Weise Ihren Vorlieben anpassen. So haben Sie die Wahl zwischen verschiedenen Kartendarstellungen, angefangen bei einfachen Umrissen der Kontinente bis hin zur hochauflösenden Vollfarbdarstellung. Auf der Orbitron-Webseite www.stoff.pl stehen noch weitere Varianten zum Herunterladen bereit. Anstelle der Weltkarte lässt sich auch eine große Version des Radars einblenden (oben). Dessen Hintergrundbild können Sie nach Belieben verändern – wenngleich mich solche Bilder eher ablenken. Man wird den Eindruck nicht los, als Scharfschütze die ISS anzuvisieren.

Eine der wichtigsten Fähigkeiten von Orbitron besteht darin, dass es nicht nur die momentanen Positionen der künstlichen Trabanten der Erde angibt, sondern auch vorausberechnet, wann diese sichtbar sind. Das Programm sucht standardmäßig nach Passagen in den nächsten drei Tagen. Der Zeitraum lässt sich aber – neben anderen Parametern – nach Bedarf variieren. >

SCREENSHOT

Wie Sternschnuppen in Zeitlupe Ein Sonnenstrahl, reflektiert an einem der Iridium-Satelliten, gehört zu den hellsten Erscheinungen am Nachthimmel. So sieht eine sekundengenaue dreitägige Flare-Vorhersage aus.

> Viele Beobachter interessieren sich besonders für »Iridium Flares« (AH 1-2/2004, S. 56). Die Kommunikationssatelliten des Iridium-Typs können über einen Zeitraum von einigen Sekunden so viel Sonnenlicht zum Beobachter reflektieren, dass sie aufflammen (englisch: flare) und zum hellsten Objekt am Himmel werden. Die Berechnungen der Überflüge und Sichtbarkeiten sind allerdings zeitintensiv: Die Vorhersage aller Iridium-Flares für drei Tage benötigte auf einem Rechner mit 2,6-GHz-Prozessor und Windows XP Home mehr als eineinhalb Minuten (oben).

Die Ergebnisse des Programms sind naturgemäß nur so genau wie die Bahndaten, auf denen sie basieren. Da sich die Umlaufbahnen der Satelliten durch luftreibungsbedingte Abbremsung und gelegentliche Korrekturmanöver immer wieder ändern, müssen die Flugdaten regelmäßig aktualisiert werden. Dies ist dank des weit verbreiteten »two line elements«-Formats (TLE) der Nasa problemlos möglich. Der Zugriff darauf ist nahtlos in die Software integriert, der Benutzer hat die Möglichkeit, ausgewählte TLEs von der Orbitron-Webseite oder anderen Quellen herunterzuladen. Das kann auf Wunsch auch automatisch geschehen, sobald das Programm gestartet wird.

Auch wenn die US-Regierung im vergangenen Jahr einige Veränderungen vorgenommen hat, die die freie Verfügbarkeit der TLE-Daten betrifft, bekommen die Benutzer der aktuellen Version 3.71 davon nichts mit. Sebastian Stoff hat sein Programm so angepasst, dass der komfortable Zugang zu Orbitrons Lebenselixier erhalten bleibt.

Solange die verwendeten Bahnelemente auf dem neuesten Stand sind, berechnet Orbitron zuverlässig alle Satellitendurchgänge und Flares. Die ausgegebene Liste der ISS-Durchgänge über Washington D. C. entspricht ziemlich genau den Vorhersagen der Nasa auf deren Webseite. Ebenso ließen sich auch die prognostizierten Iridium-Flares des Onlinedienstes Heavens-Above (www.heavens-above.com, AH März/April 2003, S. 100) reproduzieren. Bei Orbitron tauchten allerdings zusätzlich einige Flares auf, die zu schwach waren, um auf Heavens-Above genannt zu werden.

Trotz allem habe ich ein paar Dinge an Orbitron zu bemängeln. Der auch in der deutschen Programmversion in englischer Sprache abgefasste »Hilfe«-Text ist stellenweise recht unverständlich. Dadurch erschließen sich manche der komplexeren Features nur schwer. Beispielsweise heißt eine Karteikarte »Rotor/Funkgerät« – nach einigem Durchforsten der Hilfe stellte sich heraus, dass sie zur Steuerung eines Fernrohrs oder einer Radioantenne zur Satellitenverfolgung dient. Die Erklärung fällt aber so knapp aus, dass vermutlich nur sehr engagierte Hobby-Satellitenbeobachter diese Funktion jemals benutzen werden.

Orbitron ist ein stark auf die Erde bezogenes Programm: Satellitenpositionen werden auf eine Karte der Erde, nicht auf eine Himmelskarte projiziert. Dadurch wird es möglicherweise für diejenigen Amateurastronomen uninteressant, denen es nur darum geht, welcher Satellit wann durch welches Sternbild zieht. Wer im Voraus wissen will, ob und wann ein Raumfahrzeug die Beobachtung einer bestimmten Himmelsregion stört, dürfte mit einem der Planetariumsprogramme, die Satellitenorbits berechnen, besser bedient sein.

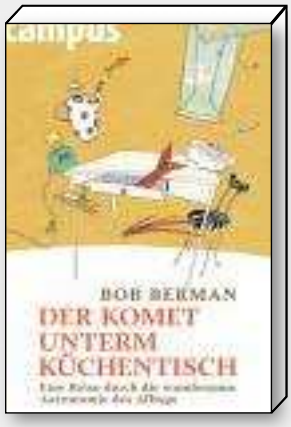
Wenn Sie nur wissen wollen, wann die ISS über den Himmel zieht, dann schießt Orbitron mit Kanonen auf Spatzen: Die Nasa stellt unter http://spaceflight.nasa.gov/realdata/sightings/ detaillierte Hinweise auf die Beobachtungsmöglichkeiten der ISS zur Verfügung, und auch andere Seiten wie Heavens-Above bieten umfangreiche Informationen. Wer jedoch tiefer in das Hobby Satellitenbeobachtung einsteigen will, der erhält mit Orbitron ein wertvolles Werkzeug. <<

Unsere Bewertung

Was uns gut gefiel:
> die komfortabel integrierte Aktualisierung der Bahndaten von Satelliten
> die präzise Berechnung von Satellitenüberflügen und Flares
> die vielen Konfigurationsmöglichkeiten

Was uns nicht gefiel:
> die Benutzeroberfläche hält sich nicht an Standards
> die langsame Berechnung von Satellitenüberflügen und Flares
> das Fehlen von Sternkarten

Jeff Foust testet regelmäßig Astronomieprogramme und schreibt raumfahrtbezogene Nachrichten und Kommentare auf www.spacetoday.net und www.thespacereview.com.



Bob Berman

Der Komet unterm Küchentisch
Eine Reise durch die wundersame Astronomie des Alltags

Campus Verlag GmbH, Frankfurt am Main 2005
289 Seiten
ISBN 3-593-37664-4
24,90 €

Astronomie im Alltag

Das Zeitalter des Wassermanns wird im Musical »Hair« besungen. Doch wissen Sie eigentlich, wann es beginnt und was das Ganze mit alltäglicher Astronomie zu tun hat? Fast jeden Tag begegnen wir vielen Geheimnissen des Universums. Doch weil sie uns so selbstverständlich erscheinen, denken wir gewöhnlich nicht darüber nach.

Bob Berman, Astronom und Direktor des Overlook-Observatoriums bei Woodstock, USA, beschreibt in seinem Buch in 32 recht kurzweiligen Kapiteln, welche Entdeckungen vor unserer Haustür auf uns warten.

Dabei geht es ihm nicht darum, komplizierte Themen möglichst einfach darzustellen. Vielmehr möchte er den Blick seiner Leser für ihre Umgebung schärfen, damit sie lernen, diese mit Staunen zu betrachten.

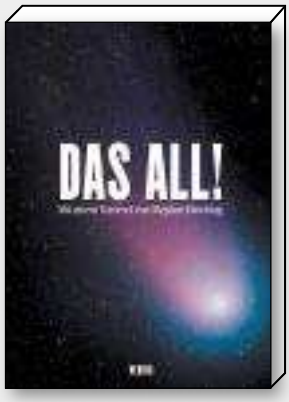
Wie wahrscheinlich ist es eigentlich, dass uns der Himmel oder etwas aus ihm auf den Kopf fällt? Bermans Buch beginnt mit der Beschreibung der größten Katastrophen, die das Leben auf der Erde bedrohen: der Einschläge größerer Himmelskörper. Das geschieht zwar nur einmal in einigen hundert Millionen Jahren, kam aber nachweislich schon vor. Wesentlich höher ist da schon die Wahrscheinlichkeit, dass ein Bruchstück eines Kometen oder Asteroiden das Dach Ihres Hauses durchschlägt und unter Ihrem Küchentisch landet.

Doch auch beschaulichere Themen haben ihre Geheimnisse. Vielleicht fragten Sie sich schon immer, warum die Schatten auf Ihren Bildern aus dem Winterurlaub einen Blaustich haben? Berman erklärt, dass nicht etwa der Film oder Ihr Objektiv daran schuld ist.

Das Buch beschert dem Leser viele Aha-Erlebnisse. Leicht und flüssig gelingt es dem Autor zu zeigen, dass unser oft so langweiliger Alltag eigentlich voller Wunder steckt.

Übrigens, wann das Zeitalter des Wassermanns beginnt, das die Hippie-Generation – die 1969 drei Tage lang bei Woodstock das berühmte Festival feierte – erwartete, wird in dem Buch auch verraten. >> Hans Zekl

Das All in seinen Farben



Baumann, Hopkins, Nolletti, Soluri, Villard

Das All!
Mit einem Vorwort von Stephen Hawking

Herbig-Verlag, München 2005
184 Seiten
ISBN 3-7766-2446-9
39,90 €

Noch ein Bildband über das Universum und den ganzen Rest? Sie haben alles schon mal gesehen? Und wennschon, schauen Sie einfach noch mal hin. Denn dieser ist der einzig wahre.

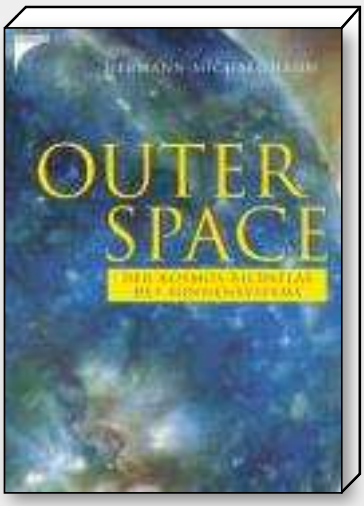
»Das All!« ist eine großformatige Sammlung von Fotografien verschiedener erd- und weltraumstationierter Teleskope und beginnt mit einem Vorwort von Stephen Hawking. Die Systematik des Buchs ist so angelegt, dass die Autoren gleich nach einem ersten Blick auf die Milchstraße mit den Bildern farbenfroher Nebel einsteigen. Anschließend geht es noch mehr ins Detail: Sterne, Sonne, Planeten und deren Monde. Ein Kapitel widmet sich noch den Galaxien. Schließlich folgen einige Seiten über unser heutiges Wissen und die Theorien zum Universum, über Aufnahmetechniken der Bilder und über die Observatorien und Weltraumteleskope, mit denen die Fotos gemacht wurden.

Grafisch einwandfrei gelöst, bietet der Band ein modernes, in sich stimmiges Erscheinungsbild – Schriften und Layout sind meisterhaft kombiniert. Als Highlight stechen die Bildinformationen hervor. Klein und komprimiert sind hier die wichtigsten Details zu Aufnahmegerät, -objekt, -datum und Entfernung genannt. Darüber zeigt ein kleines Piktogramm an, mit welchem Instrument das Bild gewonnen wurde. Wer sich einigermaßen auskennt, kann die verschiedenen Sonden und Observatorien schnell erkennen.

Interessante, gut verständliche Texte vermitteln dabei fast nebenbei Basisinformationen über die verschiedenen Objektklassen unseres Universums – die der Leser dank der Fotos auch nicht so schnell vergessen wird.

Doch auf die Bilder kommt es an, und die sind großartig. Die Autoren haben sehr oft noch wenig bekannte, dafür umso spektakulärere Aufnahmen ausgewählt und präsentieren diese in ihrer ganzen Schönheit. Aufklappen und eintauchen!

>> Carolin Konermann



Hermann-Michael Hahn

Outer Space
Der Kosmos-Bildatlas des Sonnensystems

Kosmos-Verlag, Stuttgart 2005
217 S. mit zahlreichen Farbfotos
und farbigen Illustrationen
ISBN 344009166x
34,90 €

Weder Fisch noch Fleisch

Outer Space? Der Untertitel des vorliegenden Bildbands klärt auf: mit Outer Space ist unser Planetensystem gemeint. Im kosmischen Maßstab ein unvorstellbar kleiner Teil des Universums; doch ist es der Ort, an dem wir leben und den wir – seien wir realistisch – wohl nie verlassen werden.

Die Erkundung des Sonnensystems ist seit den 1960er Jahren in vollem Gang und seitdem wächst auch das Bewusstsein von seiner Bedeutung als unserer kosmischen Heimat. Bildbände wie Outer Space bilden eine Momentaufnahme dieses Prozesses, sie zeigen einen Querschnitt des schon Erreichten. Unseren Urenkeln werden solche Bücher seltsam antiquiert erscheinen, ähnlich wie uns heute die alten Gemälde früher Entdecker mit ihren stolzen Segelschiffen vor exotischer Küste.

Die neuesten Planetenbilder sind zwar häufiger im Internet als in gedruckten Werken zu finden, was der Autor im Vorwort auch unumwunden zugibt. Allerdings ist laut Hermann-Michael Hahn »der Lesegenuss vor dem Bildschirm am Computer leicht zu toppen«.

Das Buch ist angenehm zu lesen, umgeht gängige Planeten-Klischees und Plattitüden und bietet für einen Bildband sehr umfangreiche und detaillierte Informationen. Leider fehlen im Text erläuternde Elemente wie Grafiken oder Tabellen, die für das Verständnis hilfreich gewesen wären. So spricht Hahn beim Planeten Saturn ausführlich von B-, C- oder F-Ringen. Schöne, zum Teil ausklappbare Aufnahmen der Saturnringe schmücken das Buch, doch eine Illustration, welche die Nomenklatur der Ringe erläutert, gibt es nicht.

Ähnlich verhält es sich bei den terrestrischen Planeten: Auch hier gibt es keine Karten, die dem Leser helfen, die Bilder einzuordnen. Bei der Venus ist im Text zwar von »ungewöhnlichen Pfannkuchen-Lava-Gebieten« die Rede. Ein Bild von diesen für die Venus so charakteristischen Strukturen fehlt jedoch.

Ein weiteres Manko des Buchs: Leider erfährt der Leser nicht immer, durch welches Instrument und wann eine Aufnahme gemacht wurde.

Die Bilder überlappen sich teilweise, was ich persönlich sehr störend finde. Auch sind die Ausschnitte zuweilen so gewählt, dass Planetenscheiben abgeschnitten werden. Gerade für die ästhetische Wirkung einer Aufnahme ist aber das schwarze »Nichts« um einen Planeten herum von großer Bedeutung, denn es rückt ihn in den richtigen kosmischen Maßstab.

Letztlich bleibt ein unentschiedener Eindruck – so unentschieden, wie vermutlich die Macher bei der Konzeption dieses Buchs waren. >> Stefan Taube

Alle rezensierten Bücher, CD-Roms und DVDs können Sie in unserem Science-Shop bestellen.

Internet: www.science-shop.de
per E-Mail: shop@wissenschaft-online.de
telefonisch: 06221 9126-841
per Fax: 06221 9126-869

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Armbanduhr »Galaxis«

Exklusiv für die Leser unserer Magazine und in limitierter Auflage bieten wir diese Herrenarmbanduhr an. Swiss made von Fortis, mit Quarzlaufwerk, schwarzem Lederarmband und Datumsanzeige, ist die Uhr auch noch bis 50 m/5 ATM wasserdicht. Die Rückseite ist mit einer individuell eingravierten Auflagenummer versehen. 1 Jahr Herstellergarantie; € 119,- (zzgl. Versandkosten).

Eine Bestellmöglichkeit finden Sie unter der Verlagsadresse oder im Internet.

www.spektrum.de/lesershop

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstr. 3–5
D-69126 Heidelberg | Telefon 06221 9126-600 | Telefax 06221 9126-751
marketing@spektrum.com

Samstag, 11. Februar

Antarctica (8/13)
Meteoriten aus dem wandernden Eis
In der Antarktis finden Forscher bis zu einhundert Meteoriten am Tag
SWR, 8.00 Uhr

Deep Impact - Der Schuss in den Kometen
Über die spektakuläre Nasa-Mission
Discovery Channel, 9.15 Uhr

Sonntag, 12. Februar

Alpha-Centauri
Wird sich das Universum wieder zusammenziehen?
Mit Harald Lesch
Bayern alpha, 20.00 Uhr

Montag, 13. Februar

Leonardo – Wissenschaft und mehr
Die Nasa arbeitet mit Hochdruck an einer neuen Mondmission. Doch auch die Europäer wollen mit: Die Esa hat Hochschulen und Unis aufgerufen, Konzepte zu entwickeln. In zwanzig Jahren sollen Astronauten aus Europa zum Mond fliegen und dort anderthalb Jahre lang leben und arbeiten
WDR, 16.06 Uhr
Wdh. um 22.05 Uhr

Sind Sie auf folgenden Messen?

didacta die Bildungsmesse | Messe Stuttgart | 20.–24.02.06 Halle 16, G16

CeBIT | Messe Hannover | 09.–15.03.06 Halle 09, C04

HANNOVER MESSE | Messe Hannover | 24.–28.04.06 Halle 02, A51

Analytica 2006 | Neue Messe München | 25.–28.04.06 Halle A1, 507

Dann schauen Sie doch einfach einmal beim Spektrum-Stand vorbei.
Wie immer halten wir für unsere Abonnenten eine kleine Überraschung bereit.

Dienstag, 14. Februar

X-Planes – Aufbruch ins Weltall
Am 17. Juli 1962 erreichte US-Testpilot Bob White mit dem Experimentalflugzeug X-15 eine Höhe von etwa 95 Kilometern über der Erde. Er war der Erste, der mit einem Flugzeug den Weltraum erreichte und heil wieder zurückkehrte
N24, 17.05 Uhr

Mittwoch, 15. Februar

Stonehenge: Sternenkult der Steinzeit
Stonehenge ist wohl das berühmteste Bauwerk der Steinzeit. Neue archäologische Funde zeigen Erstaunliches: Noch vor der Sonne wurde hier der Mond verehrt
RBB, 15.45 Uhr

Paranal – Fenster ins All
Nirgends zeigt sich der Nachthimmel so unverschleiert wie über dem Paranal in Chile. Hier wird das VLT ausgebaut, das die schärfsten Bilder von Himmelskörpern liefern soll
Discovery Channel, 20.15 Uhr
Wdh. am 16.2. um 5.35 und 11.05 Uhr

BBC Exklusiv
Titan – eine zweite Erde?
Der Titan ist der größte Mond Saturns – bisher schützte ihn eine dicke Wolkenschicht vor den Blicken der Wissenschaft. Doch im Januar 2005 hat die Menschheit erstmals Bilder dieses geheimnisvollen Trabanten zu Gesicht bekommen
VOX, 23.25 Uhr

Samstag, 18. Februar

Visionäre: Hans Sünkel
Porträt des Leiters der Abteilung für Satellitengeodäsie am Institut für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften. Sünkel ist außerdem Rektor der Technischen Universität Graz
3sat, 1.20 Uhr

Sonntag, 19. Februar

Jenseits des blauen Planeten – Weltraumfahrer berichten
Fünf Astronauten aus Europa, Amerika und Russland erklären, was eine Marsmission für sie bedeuten würde
ARTE, 22.40 Uhr

Willkommen auf dem Mars
Im Januar 2004 landeten die Rover Spirit und Opportunity auf dem Roten Planeten. Er ist zu kalt, seine Atmosphäre zu dünn, als dass es heute dort Wasser geben könnte. Gesteinsproben geben aber Hinweise auf frühere Wasservorkommen.
ARTE, 22.30 Uhr

ARTE F

Donnerstag, 2. März

BBC Exklusiv
Hawkings Dilemma
Stephen Hawking ist der berühmteste Physiker unserer Zeit. Er kämpft nicht nur gegen die Kritiker seiner Theorien, sondern auch gegen die Krankheit ALS. Ein ergreifendes Porträt des außergewöhnlichen Forschers
VOX Doku, 23.30 Uhr

Auswahl aus dem Fernsehangebot zu Themen aus Astronomie und Raumfahrt der kommenden Wochen. Kurzfristige Programmänderungen sind möglich.

4.3.–29.6.: Ausstellung »Astronomie auf Briefmarken« zum 300. Jahrestag der totalen Sonnenfinsternis 1706 im Nicolaus-Copernicus-Planetarium Nürnberg, Am Plärrer 41, D-90429 Nürnberg. Info: Eckehard Schmidt, Brunhildstraße 1a, D-90461 Nürnberg, Tel.: 0911 4720978, E-Mail: info@wissenschaftsreisen.de, Internet: www.wissenschafts-reisen.de

17.–18.3.: Workshop »Astronomical Observations in Context« in der Archenhold-Sternwarte Berlin. Geschichtswissenschaftler und Astronomen diskutieren die heutige Bedeutung historischer Beobachtungen. Info und Anmeldung: Archenhold-Sternwarte, Alt-Treptow 1, D-12435 Berlin, Internet: www.astw.de/workshop/workshop.htm

24.3.: Astronomisches Klassikkonzert zum Thema »Sonne, Mond und Sterne« im Musentempel »Die Loge« – untermalt von astronomischen Aufnahmen. Info: Verein der Sternfreunde Bad Kreuznach, Gerhard Kind, Tel.: 0671 32924, Internet: www.sternwarte-kreuznach.de

8.–17.4.: Astronomisches Abenteuer Camp (AAC) für junge Hobbyastronomen in der Mühle Wissel am Niederrhein. Info und Anmeldung: Volker Heesen, Kreuzstraße 5, D-44787 Bochum, Tel.: 0234 6870243, mobil: 0163 80 45 836, E-Mail: heesen@astro-rub.de, Internet: www.sternwarte-moers.de/AAC/aac.html

21.–23.4.: 4. Aschberg Frühjahrs-Teleskoptreffen (AFT) in Aschberg bei Ascheffel, Schleswig-Holstein. Info: Armin Quante, Wiesenredder 5, D-24340 Eckernförde, Tel.: 04351 475830, E-Mail: aft-info@aft-info.de, Internet: www.aft-info.de

21.–23.4: 13. Tagung der VdS-Fachgruppe CCD-Technik in der Sternwarte Kirchheim, Thüringen. Info: Dennis Möller, E-Mail: dennis.moeller@chello.at, Internet: http://ccd.istcool.de

22.4.: 4. Praktischer astronomischer Samstag in der Sternwarte (PaS), Veldhausener Str. 46, D-49828 Neuenhaus. Info: Astronomischer Verein der Grafschaft Bentheim, Christoph Lohuis, Tel.: 05941 990904, E-Mail: lohuis@t-online.de, Internet: http://pas.nightsky-online.de

28.–29.4.: Treffen auf der Sternwarte Hof. Neben Referaten der Amateurastronomen gibt es zwei Fachvorträge: Am 28. April fragt K.-H. Lotze von der Uni Jena: »Urknall und Expansion des Universums – Wie sollen wir sie uns vorstellen?« Am 29. April spricht D. Fischer über »Bemannte Raumfahrt im Umbruch«. Info: Sternwarte Hof, Egerländerweg 25, D-95032 Hof, Tel.: 09281 95278, Internet: www.sternwarte-hof.de

ILA 2006 im Mai:
Vom 19. bis zum 21. Mai sind Publikumstage auf der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung in Berlin. Ausführliche Informationen und Ticketverkauf im Internet: www.ila-berlin.de

Auch Ihre Termine können hier kostenlos stehen! Für die April-Ausgabe schicken Sie bis zum 15. Februar 2006 eine E-Mail an: redaktion@astronomie-heute.de

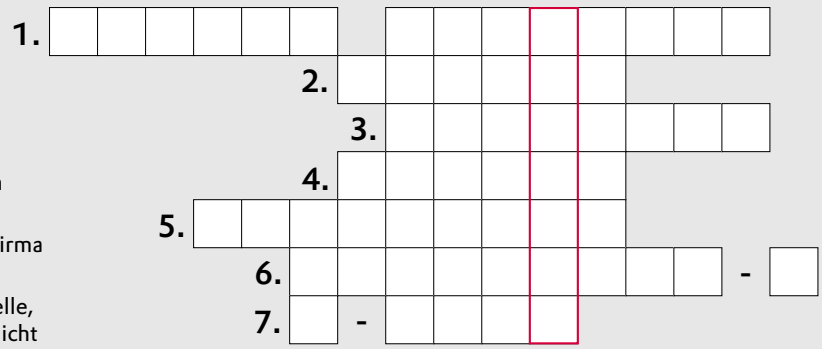
Besuchen Sie die Astro-Messe AME 2006: www.astro-messe.de

SATTLEGGERs ALPENHOF
EMBERGER ALM
Wo sonst? ASTROURLAUB in allergenarmer* Umgebung!
Zwei gut ausgestattete Sternwarten (12" + 17,5") auf 1.800m Seehöhe, viel Platz und ein perfekter Sternhimmel erwarten Sie.
Sattleggers Alpenhof und Ferniensternwarte
Emberger Alm 2, 9771 Berg/Drautal, Österreich
Tel.: +43/4712/796, Fax: +43/4712/796-6
www.alpsat.at, mail: office@alpsat.at
*) nähere Infos: www.allergialpin.at
ITT (internat. Teleskoptreffen): 30.9. - 2.10.2006 Buchen Sie rechtzeitig!

PREISRÄTSEL

Gewinnen Sie einen Sechszöller mit ASTRONOMIE HEUTE! Teil 1

1. Die Marsregion, in der Beagle 2 niederging
2. Griechischer Philosoph und Astronom, der bereits um 600 v. Chr. Finsternisse vorausberechnete
3. Fachbegriff für »Halbschatten«
4. Vierter und häufigster Aggregatzustand der Materie
5. Bezeichnung eines berühmten Teleskops in Potsdam (»Der große …«)
6. Nutzlast des Premierenflugs der neuen Rakete der Firma SpaceX
7. Kernstück einiger alternativer kosmologischer Modelle, das die Bildung neuer Materie im Universum ermöglicht



Bitte schicken Sie das rot umrandete Lösungswort per E-Mail an preisraetsel@astronomie-heute.de oder auf einer Postkarte an Spektrum der Wissenschaft, Stichwort ASTRONOMIE HEUTE 3/2006, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg. Einsendeschluss ist der 9. 3. 2006. Teil 1 einer vierteiligen Rätselreihe. Das Lösungswort dieses Teils wird für das Lösen des Superrätsels um den Hauptpreis (»LXD55«) in der Juni-Ausgabe benötigt. Unter den jetzigen Einsendern werden weitere Sachpreise gezogen, siehe unten. Bei mehreren richtigen Lösungen entscheidet das Los. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Auflösung und Gewinner dieses Teilrätsels stehen in der Mai-Ausgabe, im Handel ab Donnerstag, dem 13. April 2006.

Hauptpreis des Superrätsels: »LXD55« Sechs-Zoll-Reflektor von Meade, www.meade.de. Katadioptrisches Spiegelteleskop der Bauart Schmidt-Newton. Optik UHTC-vergütet. Brennweitenverhältnis f/5. Inklusive Go-to-Computermontierung und Stativ. Gesamtwert zirka 1150 €. Wird verlost unter den richtigen Einsendungen des Superrätsels mit den jeweiligen Lösungsworten aus den Einzelrätseln der Ausgaben März, April, Mai und Juni 2006

1. Preis: »Die Geschichte der Nasa« von Michael H. Gorn. Dieser reich illustrierte Band erzählt die wechselvolle Geschichte der zivilen amerikanischen Luft- und Raumfahrtbehörde. 304 Seiten mit 500 meist farbigen Abbildungen. 29 Zentimeter, Knesebeck Verlag (www.knesebeck-verlag.de), Hamburg 2005. Wert: 39,95 €

2. Preis: »Das Weltbild der Astronomie« von Harry Nussbaumer. Die wissenschaftliche Entdeckung des Universums und das Geheimnisvolle des nächtlichen Himmels verbinden sich zur Faszination Astronomie. 192 Seiten, 24 Zentimeter hoch, vdf (www.vdf.ethz.ch). Wert: 39,80 €

3. Preis: »Wissen neu erleben – Astronomie« von Mark A. Garlick. Fest gebunden mit Schutzumschlag, 304 Seiten, BLV-Verlag, Wert: 24,90 €

Auflösung des Preisrätsels im Dezember-Heft:

LÖSUNGSWORT:
Urknall: Der Anfang von Zeit und Raum

						R	A	U	M	Z	E	I	T	
							T	R	A	P	E	Z		
			W	E	N	D	E	K	R	E	I	S		
D	O	P	P	E	L	R	I	N	G	B	E	C	K	E	N
							G	A	R	C	H	I	N	G
C	Y	G	N	U	S	S	P	A	L	T	E			
		S	U	B	S	T	E	L	L	A	R			

Der Gewinner des Reisedobsons,
Armin Gajek aus Hannover,
nach dem Aufbau des Instruments

Gewinner des Preisrätsels: 1. Katja Thomas, Chemnitz (Buch »Geschichte der Nasa«); 2. Herbert Frank, Bernau (DVD »E = mc^2«); 3. Franz Hardt, Ehningen (Buch »Weltbild der Astronomie«); 4. & 5. Stefan Schütz, Mühldorf; Dr. Martin Hofmann, Bad Schönborn (»Skyscout« Himmelsführer)

Newton-Optik, 270 Millimeter Öffnung, Brennweite 1500 Millimeter, Okulare verschiedener Brennweiten von 8 bis 40 Millimeter; Objektiv für Refraktor, 90 Millimeter Öffnung, Brennweite 1600 Millimeter; Astrofachbücher und Fachzeitschriften. Alles einwandfrei. Kontaktaufnahme: 02620 793

Winkelsucher für ETX 8×25 35,–€. LPI-Kamera von Meade 120,–€. »Astrokuppel selbstgebaut« von Stachowski/Wolff von 1982, 25,–€. Tel.: 03372 403809

Gegengewichtsstange für G11-Montierung. Preis: 45,00 Euro zzgl. 5,90€, Versand innerhalb Deutschlands E-Mail: hyakutake@freenet.de

Star Observer 2001 Verkaufe den ganzen Jahrgang 2001 insgesamt 10 Hefte für 20€. Tel.: 0173 2505983, E-Mail: mm.haenisch@online.de

Eigenbaurefraktor mit C2-Obj. 50/540, Telrad (kaum benutzt, 35€), Telementor-Drehfokussierer, Zenitprisma und Prismenführung. Tel.: 03583 690312

Original Meade-Stativ Gewicht zirka 10 Kilogramm, geeignet für Zehn-Zoll-SC oder vergleichbares Teleskop. Neuwertig, 250,–€. Holger Zülsdorff, Tel.: 0043 3452 73012

Großfernglas Miyauchi 100iB – 20×100 45 Grad Einblick; ICS Montierung und Stativ; Adapter auf $^3/_8$-Zoll; Alu-Transportkiste; ein Paar 15 mm TS SWM (Goldkante) für zirka 36fache Vergrößerung; mit Rechnung vom 12. 2. 2004. Optik und Tubus einwandfrei. Das Fernglas steht im Raum Bonn und kann dort gesichtet werden. 1650,–€; E-Mail: lspix@netcologne.de

Meade Zehn-Zoll-LX200GPS-SMT UHTC mit umfangreichem Zubehör und Garantie. Weitere Infos zum Gerät unter www.online-media-shop.de/meade.html. Tel.: 0176 22150265

Private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen für Abonnenten von ASTRONOMIE HEUTE kostenlos!

Für Nichtabonnenten gelten folgende Preise für Kleinanzeigen:

Anzahl Zeilen	privat	gewerblich
bis zu drei Zeilen	22,–€	32,–€
jede weitere Zeile	5,–€	5,50€

ASTRONOMIE HEUTE-Abonnenten können private Kleinanzeigen mit bis zu fünf Zeilen pro Ausgabe kostenlos schalten. Jede weitere Zeile kostet für Abonnenten 5,– €. Geben Sie bitte bei Einsendung von Kleinanzeigen stets Ihre Kundennummer an. Diese entnehmen Sie Ihrer Abonnementrechnung oder dem Adressträgerblatt. Bitte beachten Sie: Ist der verfügbare Platz in einer Ausgabe vergeben, behält sich die Redaktion das Recht vor, später eintreffende Anzeigen in die nächstverfügbare Ausgabe zu verschieben. Eine Zeile enthält durchschnittlich vierzig Zeichen. Alle Preise zuzüglich gesetzlicher Mehrwertsteuer. Die Grundgebühr pro Anzeige ist bereits eingerechnet. Gleichzeitig erhalten Sie einen Eintrag in unserer Online-Kleinanzeigendatenbank für die Verkaufsdauer der jeweiligen Print-Ausgabe.

Bitte senden Sie Ihre Kleinanzeige an:
Spektrum der Wissenschaft, Redaktion
ASTRONOMIE HEUTE, Slevogtstr. 3–5,
D-69126 Heidelberg, Fax: 06221 9126-769,
E-Mail: kleinanzeigen@astronomie-heute.de

Der Einsendeschluss ist vier Wochen vor Erscheinen des Hefts.

VORSCHAU

Fotosafari im Orbit

Zur Ankunft des »Mars Reconnaissance Orbiters« am Roten Planeten zeigen wir Ihnen die besten Bilder von »Mars Express«

ESA / DLR / FU BERLIN, GERHARD NEUKUM

JAY M. PASACHOFF / WENDY CARLOS

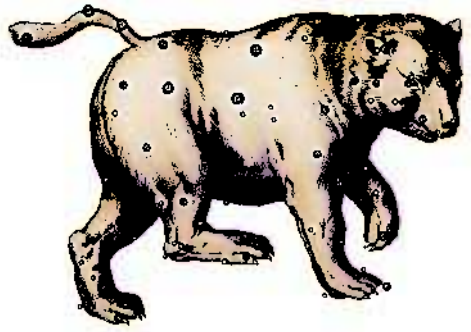
Physik der Finsternis

Was Forscher von einer totalen Sonnenfinsternis lernen können

Teleskopklassiker

Galilei richtete das erste Linsenfernrohr gen Himmel. Noch heute sind Refraktoren ein beliebter Teleskoptyp

NIGHT SKY, C. M. UTTER



NIGHT SKY, AUS: JOHANNES HEVELIUS, FIRMAMENTUM SOBIESCIANUM, 1690

Der Große Bär

umfasst die Sterne des Großen Wagens, der in vielen Kulturen zur Orientierung am Nachthimmel dient

IMPRESSUM

Chefredakteur: Dr. Jakob Staude (v.i.S.d.P.)
Redaktion: Dr. Oliver Dreissigacker (Ltg., Chef vom Dienst), Stephan Fichtner, Dr. Joachim Schüring
Ständige Mitarbeit: Dr. Frank Schubert
Artdirector/Layout: Karsten Kramarczik
Layout: Marc Grove, Claus Schäfer
Schlussredaktion: Christina Peiberg (kom. Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Mitarbeit an diesem Heft: Ute Eberle, Stephanie Hügler, Corinna Karow, Carolin Konermann, Stephen Koszudowski, Dagny Lüdemann, Dr. Monika Maintz, Peter Strub, Dr. Rainer Riemann, Ulrich Zehndbauer
Redaktionsassistenz: Britta Feuerstein, Eva Kahlmann, Ursula Wessels
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-765, Fax: 06221 9126-769, E-Mail: redaktion@astronomie-heute.de
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel.: 06221 9126-733
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel.: 06221 9126-744
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel.: 06221 9126-741, E-Mail: marketing@spektrum.com
Leserservice: Tel.: 06221 9126-743, E-Mail: marketing@spektrum.com

Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Verlagsleiter: Dr. Carsten Könneker
Objektleiter Astronomie: Stephan Fichtner
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, D-69038 Heidelberg; Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, D-69126 Heidelberg, Tel.: 06221 9126-600, Fax: 06221 9126-751
Vertrieb und Abonnementverwaltung:
Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o Zenit Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel.: 0711 7252-192, Fax: 0711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn
Bezugspreise: Einzelheft: € 6,50, Jahresabonnement Inland (10 Ausgaben): € 56,–, Jahresabonnement Ausland: € 61,–, Jahresabonnement ermäßigt Inland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 50,–, Jahresabonnement ermäßigt Ausland (gegen Schüler- oder Studentennachweis): € 55,–. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: 22 706 708, Postbank Stuttgart (BLZ 600 100 70).
Die Mitglieder der Vereinigung der Sternfreunde e. V. (VdS) erhalten ASTRONOMIE HEUTE zum gesonderten Mitgliedsbezugspreis.
Anzeigen/Druckunterlagen: VMS Limperg Verlags- & MedienService, Sudetenstraße 16, D-63486 Bruchköbel, Tel.: 06181 729-04, Fax: 06181 729-84, E-Mail: f.limperg@limperg.de
Anzeigenpreise: Zurzeit gilt die Preisliste Nr. 4 vom 1. November 2005.
Gesamtherstellung: Westermann Druck GmbH, D-38104 Braunschweig

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2006 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 1610-8728, www.astronomie-heute.de

Sky & Telescope (S & T) und Night Sky: Sky Publishing Corporation, 49 Bay State Road, Cambridge, MA 02138-1200, USA; President/Publisher: Susan B. Lit; Editor in Chief: Richard Tresch Fienberg, Ph.D. ; Marketing Director: Marcy McCreary. Die Übersichts- und Ausschnittssternkarten von ASTRONOMIE HEUTE wurden mit Software und Designelementen von Roger W. Sinnott und Steven Simpson erstellt.

Wir übernehmen keine Haftung für die Inhalte externer Webseiten. Für den Inhalt der angegebenen Seiten sind ausschließlich deren Betreiber verantwortlich.